



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EVALUACIÓN DEL AGROBOSQUE COMO ALTERNATIVA DE MANEJO  
SOSTENIBLE PARA CLIMA TEMPLADO EN CHICHICAXTLA, PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

PRESENTA:

**ERIC GRANADOS ORTEGA**

DIRECTOR DE TESIS:

**M.C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ ARCHUNDIA**

**Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2014**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EVALUACIÓN DEL AGROBOSQUE COMO ALTERNATIVA DE MANEJO  
SOSTENIBLE PARA CLIMA TEMPLADO EN CHICHICAXTLA, PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

PRESENTA:

**ERIC GRANADOS ORTEGA**

DIRECTOR DE TESIS:

**M.C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ ARCHUNDIA**

ASESORES:

**M.C. FABIÁN ENRÍQUEZ GARCÍA**

**M.C. IGNACIO VÁZQUEZ MARTÍNEZ**

**M.C. LUCERO MONTSERRAT CUAUTLE GARCÍA**

**Q.I. RAMÓN GONZÁLEZ MÁRQUEZ**

**Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2014**

La presente tesis titulada **Evaluación del Agrobosque como alternativa de manejo sostenible para clima templado en Chichicaxtla, Puebla** y realizada por **Eric Granados Ortega**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de:

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**Facultad de Ingeniería Agrohidráulica**

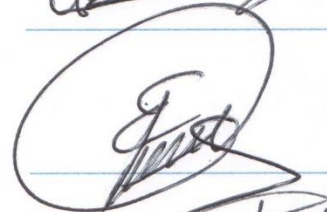
**Consejo particular integrado por:**

**Firma:**

**Director: M.C. Francisco Javier Hernández Archundia**



**Asesor: M.C. Fabián Enríquez García**



**Asesor: M.C. Ignacio Vázquez Martínez**



**Asesor: M.C. Lucero Montserrat Cuautle García**



**Asesor: Q.I. Ramón González Márquez**



**Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2014.**

## DEDICATORIA

A Dios por mi existencia y estar presente en cada momento de mi vida, por llenarme de bendiciones, inteligencia, paciencia y permitirme seguir creciendo como persona, por todos aquellos que gracias a ti están conmigo y aquellas que influyeron en mi formación profesional.

A mis padres **Florencia Raquel Ortega Rosales y Armando Granados Hernández**, por haberme dado la oportunidad de vivir, por ser mis pilares y maestros de vida, quienes me han sabido formar con buenos sentimientos, hábitos y valores; por haber luchado contra todas las adversidades y brindarme su apoyo y confianza en todo momento; con todo mi amor, respeto y admiración, comparto y dedico esta tesis.

A mis queridos hermanos **Jorge Armando Granados Ortega y Miguel Ángel Granados Ortega**, quienes durante mi formación profesional siempre estuvieron pendientes de mí y apoyándome en todo momento, en las buenas y en las no tan buenas, a ti hermanita **Blanca Estela Granados Ortega** que pese a la distancia siempre externaste tu apoyo incondicional y preocupación.

Mi familia en general tíos, primos, sobrinos los que siempre me expresaron su apoyo en todo instante a quienes les toco soportarme y batallar conmigo.

A mis grandes amigos Jesús, Fred y Uriel, por su grata compañía y amistad con quienes durante esta etapa formativa compartí un sin número de aventuras. Mis amigas Adriana, América, Arely y Bianca por su apreciada amistad.

*“La vida te pondrá obstáculos, pero los límites los pones tú”*

## AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios del estado de Puebla, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por darme la oportunidad de cursar una carrera profesional y llenarme de conocimientos para el ámbito laboral.

Al M.C. Francisco Javier Hernández Archundia por todo su apoyo en la elaboración de este trabajo, sus consejos, disponibilidad de tiempo y adecuada orientación; así como por la importante influencia que tuvo en mi formación académica, que sin lugar a dudas serán una gran herramienta para mi práctica laboral. Gracias por su amistad.

Al grupo de asesores: M.C. Fabián Enríquez García, M.C. Ignacio Vázquez Martínez, M.C. Lucero Montserrat Cuautle García y al Q.I. Ramón González Márquez, por su colaboración e importantes aportes y sugerencias.

A la Ingeniera Karina Olgúin del Rosario por su apoyo y disposición para llevar a cabo parte de este trabajo, así como por compartir sus conocimientos durante mi estancia en servicio social.

Al despacho forestal Asesores en Manejo de Recursos Forestales (ASMARF) quienes durante mi estancia de servicio social, tuvieron una gran influencia en mis conocimientos profesionales, los que sentaron bases para la elaboración de este trabajo de tesis.

A mis amigos Arely, Bianca y Javier, por su grandiosa colaboración y disposición para la elaboración de este trabajo.

A mi familia nuclear por su valiosísimo apoyo y disposición para efectuar las distintas actividades para el establecimiento de esta investigación.

A don Leopoldo Rivera por su amable colaboración y permitirme realizar este trabajo de tesis en su propiedad, pues sin ello no hubiera sido posible llevar a cabo esta investigación.

*“Casi todo lo que realice será insignificante, pero es muy importante que lo haga” Mahatma Gandhi*

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. General.....	3
2.2. Particulares.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
4.1. La sostenibilidad en el manejo de los sistemas productivos y recursos naturales.....	5
4.2. Agroforestería como alternativa de producción sostenible .....	7
4.3. El agrobosque y su implementación dentro de la agroforestería.....	11
4.3.1. Agrobosques cacaoteros en África.....	12
4.3.2. Agrobosques de caucho y resinas de damar de Indonesia.....	12
4.3.3. Agrobosques en México .....	13
4.4. Descripción morfológica y taxonómica de especies a establecer .....	15
4.4.1. Cilantro .....	15
4.4.2. Chicharo .....	15
4.4.3. Lechuga.....	16
4.4.4. Rábanos .....	17
4.4.5. Zanahoria .....	18
4.4.6. Zarzamora .....	18
V. MATERIALES Y METODOS.....	20
5.1. Descripción del área de estudio.....	20
5.1.1. Localización .....	20
5.1.2. Clima .....	21
5.1.3. Geología.....	21
5.1.4. Edafología .....	21
5.1.5. Topografía.....	21

<b>5.2. Materiales.....</b>	<b>22</b>
<b>5.3. Metodología .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.1. Fase previa .....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.1.1. Delimitación de superficie satelitalmente.....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.1.2. Determinación de la pendiente.....</b>	<b>29</b>
<b>5.3.2. Fase de campo.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3.2.1. Caracterización del sitio .....</b>	<b>30</b>
<b>5.3.2.2. Muestreo de existencias maderables.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3.2.3. Determinación de existencias maderables.....</b>	<b>31</b>
<b>5.3.2.4. Determinación de cultivos agrícolas a asociarse.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3.2.5. Delimitación de superficie para cultivos .....</b>	<b>33</b>
<b>5.3.2.6. Limpieza de la superficie para establecimiento de cultivos.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3.2.7. Trazado y apertura del terreno.....</b>	<b>34</b>
<b>5.3.2.8. Establecimiento de cultivos .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3.2.8.1. Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.2.8.2. Rábano (<i>Raphanus sativum</i> L.) .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.2.8.3. Chícharo (<i>Pisum sativum</i> L.) .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3.2.8.4. Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....</b>	<b>37</b>
<b>5.3.2.8.5. Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.).....</b>	<b>38</b>
<b>5.3.2.8.6. Zarzamora (<i>Rubus</i> sp.) .....</b>	<b>38</b>
<b>5.3.2.9. Labores culturales .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2.9.1. Riegos .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2.9.2. Fertilización .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2.9.3. Aporque.....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2.9.4. Control de malezas .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2.9.5. Cosecha.....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2.10. Evaluación de comportamiento de especies agrícolas.....</b>	<b>39</b>
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>6.1. Especies identificadas dentro del estudio florístico .....</b>	<b>30</b>
<b>6.2. Existencias volumétricas del predio.....</b>	<b>31</b>
<b>6.2.1. ICA e IMA .....</b>	<b>33</b>
<b>6.3. Especies agrícolas establecidas dentro del predio .....</b>	<b>33</b>
<b>6.3.1. Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) .....</b>	<b>34</b>

6.3.2. Rábano ( <i>Raphanus sativum</i> L.) .....	34
6.3.3. Chicharo ( <i>Pisum sativum</i> L.) .....	35
6.3.4. Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....	38
6.3.5. Cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.) .....	38
6.3.6. Zarzamora ( <i>Rubus</i> sp.) .....	39
6.3.7. Intensidad lumínica presente en el Agrobosque .....	41
6.3.8. Comportamiento de la regeneración en sitios donde se establecieron cultivos.....	42
6.4. Análisis financiero .....	43
6.4.1. Análisis financiero forestal .....	43
6.4.2. Análisis financiero cultivos .....	47
6.4.3. Análisis financiero Agrobosque .....	50
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
VIII. LITERATURA CITADA .....	55
IX. ANEXOS.....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Especies presentes dentro del estudio florístico.....	30
Cuadro 2 .Existencias volumétricas 2013.....	32
Cuadro 3. Existencias volumétricas 2014.....	32
Cuadro 4. Determinación de ICA e IMA 2013 y 2014 así como su diferencia.....	33
Cuadro 5. Producción obtenida en Agrobosque y su comparación con lo producido en el Estado de Puebla. ....	34
Cuadro 6. Flujo de caja de las 3 anualidades.....	44
Cuadro 7. Primera anualidad 2017 distribución de volumen y valor comercial.....	46
Cuadro 8. Segunda anualidad 2020 distribución de volumen y valor comercial. ....	46
Cuadro 9. Tercera anualidad 2023 distribución de volumen y valor comercial.....	46
Cuadro 10. Comparación de Análisis Financiero Forestal, Cultivos y Agrobosque.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales de acuerdo al tipo de componentes (Krishnamurthy y Ávila, 1999). .....	10
Figura 2. Localización geográfica de la comunidad de Chichicaxtla ubicada en el Municipio de Aquixtla, Puebla. ....	21
Figura 3. Georreferenciación del área de estudio. ....	29
Figura 4. Medición de alturas (A), medición de DAP (B). ....	32
Figura 5. Claros existentes dentro del bosque establecido. ....	33
Figura 6. Delimitación (A) y limpieza del terreno (B). ....	34
Figura 7. (A) Sistema gradoni, (B) Labranza de conservación. ....	35
Figura 8. Esparcimiento de ocoshal en áreas de cultivo (A), Acolchado natural con ocoshal (B). ....	36
Figura 9. Arreglo en espacio de hortalizas. ....	37
Figura 10. Establecimiento de hortalizas mediante siembra directa (A) (B). ....	37
Figura 11. Aplicación de enraizador (A) y plantación de púas (B). ....	38
Figura 12. Desarrollo fisiológico del cultivo de Rábano (A) Germinación, (B) Desarrollo, (C) Producción. ....	35
Figura 13. (A) Germinación, crecimiento (B), floración (C) y producción (D). ....	36
Figura 14. Efectos externos y su impacto sobre cultivo del Chícharo. ....	37
Figura 15. Comportamiento de Lechuga dentro del Agrobosque, (A) Trasplante y (B) Desarrollo. ....	38
Figura 16. Cultivo del Cilantro (A) Germinación, (B) Crecimiento, (C) Desarrollo y (D) Producción. ....	39
Figura 17. Comportamiento de las púas de Zarzamora (A) (B) (C). ....	40
Figura 18. Trasplante (A) (B) (C) y Comportamiento de plantas de Zarzamora (D) (E) (F)...	41
Figura 19. Medición de diámetro (A) y altura de la regeneración (B). ....	43

<b>Figura 20. Flujos de caja de las 3 anualidades.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 21. Inversión inicial primer ciclo de producción cultivos agrícolas 2014. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 22. Ganancias del primer ciclo de producción cultivos agrícolas 2014. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 23. Inversión del segundo ciclo de producción cultivos agrícolas 2015.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 24. Ganancias del segundo ciclo de producción cultivos agrícolas 2015.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 25. Punto de equilibrio cultivos agrícolas. ....</b>	<b>50</b>

## EVALUACIÓN DEL AGROBOSQUE COMO ALTERNATIVA DE MANEJO SOSTENIBLE PARA CLIMA TEMPLADO EN CHICHICAXTLA, PUEBLA

### RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la comunidad de Chichicaxtla, municipio de Aquixtla, Puebla, la cual tiene como objetivo la producción de cultivos agrícolas dentro de un bosque establecido (Agrobosque) en clima templado, con la finalidad de evaluar técnica y financieramente la implementación de este y determinar su viabilidad como tecnología de producción agroforestal. Se realizó un estudio florístico mediante la metodología de barrido florístico, así mismo se levantaron sitios circulares de dimensiones fijas de  $1000\text{m}^2$  para conocer existencias volumétricas, esto se llevó a cabo en dos ocasiones para estimar el incremento volumétrico en un lapso de un año, mediante el recorrido en campo se identificaron las áreas de claros presentes en el bosque lugares donde se establecieron seis cultivos hortícolas, principalmente bajo sistema Gradoni y labranza de conservación, por último se efectuó un análisis financiero para determinar la viabilidad de esta tecnología agroforestal. Del estudio florístico se identificaron 37 especies de ellas se determinó su potencial de uso local siendo hierbas las más abundantes, para las existencias volumétricas se obtuvo un incremento de  $12.4612\text{ m}^3$  tras un año de evaluación. Para el comportamiento de los cultivos se evaluó principalmente la producción mediante la comparación de rendimientos obtenidos en el estado de Puebla, para conocer la viabilidad económica de la implementación del Agrobosque, se determinó mediante cálculos matemáticos como Tasa Interna de Retorno (TIR) 25% Valor Actual Neto (VAN) \$102,184.<sup>90</sup> y relación Beneficio Costo (B/C) \$2.<sup>60</sup>. Se concluye que la producción dentro de un Agrobosque es rentable técnica y económicamente siendo así una opción viable para el manejo sostenible.

**Palabras clave:** tecnología agroforestal, zona templada, bosque de coníferas, sostenibilidad.

## **AGROFOREST HAS SUSTAINABLE MANAGEMENT ALTERNATIVE FOR TEMPERATE CLIMATE IN CHICHICAXTLA, PUEBLA**

### **ABSTRACT**

This study was conducted in Chichicaxtla municipality of Aquixtla, Puebla, which aim was to propose an alternative of agricultural crops production inside established forest (agroforest) in temperate climate, the objective was to realize a technical and financial evaluation for the implementation of agroforest, and to determine its viability as agroforestry production technology. Was made a floristic study by floristic sweep methodology, were established circular fixed dimensions sites 1000m<sup>2</sup> to determinate volumetric stocks, this was carried out on two occasions to estimate the volumetric increment in a year; were identified light fields inside the forest where six crop species were established, mainly under Gradoni system and conservation agriculture. Were determinate 37 species in the floristic study, herbs the most abundant, and were identified several potential and local uses for them; was obtained increased 12.46 m<sup>3</sup> for volumetric stocks after a year of first evaluation. For the crop behavior was assessed mainly the production by comparing yields obtained in the state of Puebla, Was effected a financial analysis to determine the viability of this agroforestry technology: Internal Rate of Return (IRR) 25% Net Present Value (NPV) \$ 102,184.90 and Benefit-Cost ratio (B / C) \$ 2.60. Was concluded that production inside an agroforest is technically and economically profitable and still a viable option for sustainable management.

**Keywords:** agroforestry technology, zone template, coniferous forest, sustainability.

## I. INTRODUCCIÓN

La palabra sostenibilidad tiene diferentes significados para diferentes personas; sin embargo, hay consenso en que tiene una base ecológica, y es una versión del concepto de "rendimiento sostenido", es decir, la condición o capacidad de cosechar a perpetuidad cierta biomasa de un sistema que tiene la capacidad de renovarse por sí mismo o que su renovación no está en riesgo (Gliessman, 2002).

De acuerdo a Krishnamurty y Ávila (1999) la agroforestería, como un sistema sostenible de uso de la tierra, precisamente se adapta a esta estrategia y prioridad y nos mencionan que, la agroforestería se refiere a una amplia variedad de sistemas de uso de la tierra donde los árboles y arbustos se cultivan en una combinación interactiva con cultivos y/o animales para múltiples propósitos y se considera como una opción viable para el uso sostenible de la tierra.

Dentro de la agroforestería se pueden encontrar una gran diversidad de sistemas de uso de la tierra que principalmente se pueden identificar por los componentes de producción. Los sistemas agroforestales pueden agruparse de la siguiente manera: Agrosilvicultura, Sistemas silvopastorales, Sistemas agrosilvopastorales, Sistemas de producción forestal de multipropósito, otros sistemas agroforestales se pueden especificar, como la entomoforestaría, la acuaforestaría, y así sucesivamente según Farrel y Altieri (1999).

Aunado a esto se pueden encontrar dentro de los sistemas de producción agroforestales muchas prácticas y tecnologías aplicadas a los mismos tal es el caso de los agrobosques. Estos también llamados bosques intermedios, bosques artificiales, bosques alterados, agroforests, son espacios donde los seres humanos han dirigido la composición de los árboles de acuerdo con sus necesidades, pero preservan características estructurales y procesos ecológicos que se desarrollan en los bosques considerados naturales (Moreno *et al.*, 2013).

Por lo anterior cabe resaltar que la agroforestería, se plantea como alternativa productiva sostenible en clima tropical, lugares donde se cuenta con un sin número de ventajas a diferencia de algunos otros tipos de clima como los es el clima templado. Nair (1993) nos dice que la razón principal para el acento en los trópicos es que la agroforestaría, como un enfoque integrado para el uso del suelo, tradicionalmente ha tenido más relevancia y el mayor potencial de aplicación en los trópicos que en las zonas templadas.

En relación a lo anterior la comunidad de Chichicaxtla perteneciente al municipio de Aquixtla, Puebla es un lugar de clima templado sub-húmedo con lluvias en verano, la que se ve influenciada por la producción forestal con regímenes propiedad de pequeños y medianos productores los que después de realizar su aprovechamiento forestal tienen que esperar durante un largo periodo de tiempo para volver a aprovecharlo, de igual forma se ven influenciados por la producción agrícola la cual no es tan relevante como el aprovechamiento forestal económicamente. Por lo anterior es importante evaluar técnica y financieramente la implementación de un agrobosque, para determinar su viabilidad como tecnología de producción agroforestal para la zona de clima templado, en la comunidad de Chichicaxtla, Puebla.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

Evaluar técnica y financieramente la implementación de un agrobosque, para la determinación de su viabilidad como tecnología de producción agroforestal en la zona templada, de la comunidad de Chichicaxtla, Puebla.

### **2.2. Particulares**

- Caracterizar el sitio a partir de un estudio florístico para la determinación de las especies presentes, su potencial de uso y las asociaciones más pertinentes con especies agrícolas.
- Determinar mediante un muestreo las existencias maderables del sitio y su incremento tras un año de evaluación, para la planificación de su aprovechamiento.
- Establecer en el terreno cultivos agrícolas asociados para la valoración de su comportamiento productivo desde el punto de vista técnico.
- Evaluar económicamente la viabilidad de la propuesta a través de un análisis financiero, para la elaboración de recomendaciones sobre el uso de este sistema agroforestal.

### **III. HIPÓTESIS**

La implementación del Agrobosque como tecnología agroforestal en bosques establecidos de la comunidad de Chichicaxtla, permite realizar manejo y aprovechamiento integral de los recursos naturales en el sitio, e incrementa los beneficios económicos provenientes del mismo.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. La sostenibilidad en el manejo de los sistemas productivos y recursos naturales

A medida que la población humana aumenta, lo hace la presión sobre los ecosistemas, debido a que extraemos de ellos más recursos, nuestra huella ecológica sobre el planeta es no sostenible y llegará a ser inaguantable a no ser que cambiemos nuestros modelos de consumo y nuestro comportamiento en general. En el pasado, los seres humanos se han adaptado a las condiciones cambiantes aumentando la productividad, pero hemos alcanzado ahora los límites de la capacidad de la Tierra; hoy en día, nuestra única opción es gestionar la productividad y los recursos de una manera sostenible, reduciendo los residuos en la medida de lo posible, usando los principios de la gestión adaptativa, y teniendo en cuenta el conocimiento tradicional que contribuye al mantenimiento de los servicios del ecosistema (PNUMA, 2010).

El término “sostenible” tiene su origen de las palabras internacionalmente conocidas de desarrollo sostenible que se encuentran en el documento intitulado Informe Brundtland o Nuestro Futuro Común (1987), aquí se define por vez primera el término de desarrollo sostenible de la siguiente manera: Aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades (García, 2009).

La palabra sostenibilidad tiene diferentes significados para diferentes personas; sin embargo, hay consenso en que tiene una base ecológica. En una forma general, la sostenibilidad es una versión del concepto de "rendimiento sostenido", es decir, la condición o capacidad de cosechar a perpetuidad cierta biomasa de un sistema que tiene la capacidad de renovarse por sí mismo o que su renovación no está en riesgo de acuerdo con (Gliessman, 2002).

García, (2009), proponen una definición de agricultura sostenible en la que se reconoce la interrelación entre los componentes productivos, ambientales, económicos, y sociales de la agricultura. Para estos es esencial que la sostenibilidad se extienda no sólo a través del tiempo sino en el nivel mundial, y que considere el bienestar no sólo de las generaciones futuras sino de todas las personas y seres vivos de la biosfera.

La agricultura sostenible generalmente se refiere a un modo de agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías ecológicas de manejo (Altieri, 1999). Los sistemas agrícolas, representan entre un 50 a un 70% de los ecosistemas terrestres en la mayoría de los países, la agricultura consiste en modificar los ecosistemas para lograr la producción de pocas o de una especie “económicamente rentable”. Cualquier tipo de agricultura implica una simplificación del sistema y una reducción importante de la biodiversidad, la agricultura es, paradójicamente, una de las actividades humanas que mayor impacto negativo tiene sobre la diversidad biológica. (Sarandón y Flores, 2014).

Existen muchas estrategias alternativas de diversificación que muestran efectos benéficos en la fertilidad del suelo, la protección y los rendimientos de los cultivos, si se utiliza una o más de estas tecnologías alternativas, las posibilidades de mejorar y complementar las interacciones entre los componentes de los agroecosistemas serán mayores; La diversidad puede aumentarse en el tiempo mediante el uso de rotaciones de cultivos o cultivos secuenciales y en el espacio, a través del uso de cultivos de cobertura, cultivos intercalados, agroforestería y los sistemas mixtos de producción de cultivo y ganado (Altieri, 1999).

Con base a lo anterior el manejo sostenible de los agroecosistemas, requiere abordarlos como un tipo especial de ecosistema, teniendo en cuenta las interacciones de todos sus componentes físicos, biológicos y socioeconómicos y el impacto ambiental que éstos producen (Sarandón y Flores, 2014). El principal reto en el diseño de agroecosistemas sostenibles es obtener las características de un ecosistema natural y al mismo tiempo mantener una cosecha deseable, esta es una forma viable para alcanzar la sostenibilidad del sistema (Gliessman, 2002).

Los dogmas básicos de un agroecosistema sostenible son la conservación de los recursos renovables, la adaptación del cultivo al ambiente y el mantenimiento de un nivel alto, aunque sostenible, de productividad (Altieri, 1999). Debido a las similitudes que hay en su estructura, en los flujos de energía y ciclos de nutrientes con los ecosistemas de bosques naturales, se considera que los sistemas agroforestales son una alternativa de uso ecológicamente sostenible (May, 2013).

## 4.2. Agroforestería como alternativa de producción sostenible

En los últimos años el mundo ha acentuado sus esfuerzos en la búsqueda de tecnologías sostenibles que permitan recuperar y mantener el potencial productivo de las áreas degradadas y diversificar la gama de productos generados por el sistema de producción con el fin de permitir mayor competitividad. En este aspecto es donde se ha destacado la agroforestería como alternativa sostenible para los sistemas productivos del sector agropecuario. Dentro de las ventajas de la agroforestería se pueden mencionar: disminución de la degradación del suelo, mejoramiento de la fertilidad del suelo con incremento en la materia orgánica y aporte de nitrógeno, control de condiciones medioambientales adversas (vientos, excesiva temperatura, evaporación del recurso hídrico, etc.), sombra y alimento para animales y disponibilidad de productos comercializables (Navia, 2000).

Dentro de la agroforestería se manejan una gran variedad de tecnologías, prácticas, arreglos tanto espaciales como en tiempo, entre muchos otros aspectos que llevan a cierto arreglo y manejo de los sistemas de producción. Cada uno de estos arreglos agroforestales genera beneficios particulares, los cuales deben ser tomados en consideración cuando se toma la decisión de adoptar esta tecnología. Sin embargo, lo más importante la decisión debe estar basada en las condiciones agroecológicas de la zona y a la capacidad de ofrecer el manejo más adecuado y a las especies asociadas, tanto animal como vegetal (Pérez y Huerta, 2002).

Por ello es de gran importancia conocer más a detalle un poco de lo que implica la agroforestería, comenzando con una serie de definiciones:

- La agroforestería se ha definido como un sistema de gestión sostenible de la tierra lo que aumenta el rendimiento de la tierra, combina la producción de cultivos (incluyendo cultivos arbóreos) y plantas forestales y/o animales simultáneamente o secuencialmente en la misma unidad de tierra, y aplica prácticas de gestión que son compatibles con las prácticas culturales de la población local (King, 1979).
- La agroforestería es una forma de cultivo múltiple que satisface tres condiciones básicas: 1) existen al menos dos especies que interactúan biológicamente; 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne; y 3) al menos dos de los componentes

se manejan para satisfacer los objetivos del administrador de la tierra (Detlefsen y Somarriba, 2012).

- Los Sistemas Agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (Navia, 2000).
- La agroforestaría "Es un conjunto de ecosistemas y sistemas productivos en los cuales interactúan especies leñosas, no leñosas y animales (opcionales). En éstos al menos una es leñosa, y al menos una leñosa se maneja para producción de forraje o cultivo agrícola permanente" (Ospina, 2001).
- La agroforestería se refiere a una amplia variedad de sistemas de uso de la tierra donde los árboles y arbustos se cultivan en una combinación interactiva con cultivos y/o animales para múltiples propósitos y se considera como una opción viable para el uso sostenible de la tierra (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Como se puede percatar el definir la agroforestería no representa un hecho fácil, por lo consiguiente se encontrara una gran variedad de definiciones y con diferentes enfoques como pueden ser agroecológicos, agrícolas, forestales, etc. Cabe resaltar que estas definiciones abordan tres componentes plantas leñosas perennes (arboles), cultivos agrícolas y animales. Por otra parte la clasificación de los sistemas agroforestales, al igual que con la definición podemos encontrar un gran dilema en su clasificación como a continuación se describe.

Existen diferentes puntos de vista para clasificar los sistemas agroforestales. La clasificación ha estado en función la estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes, los objetivos de la producción y las características sociales y económicas prevalecientes. Los sistemas agroforestales pueden ser clasificados en cuatro grupos, dependiendo de los aspectos estructurales y funcionales:

- Sistemas agrosilviculturales: combinaciones de árboles con cultivos. En estos se encuentran los cultivos en callejones, árboles de sombra sobre cultivos perennes, huertos caseros, barbechos mejorados, producción de leña, entre otros.

- Sistemas silvopastoriles: combinación de árboles con ganadería. Se diferencian las cercas vivas, pastos con árboles, banco de proteína, animales con producción de madera.
- Sistemas agrosilvopastoriles: utilización de árboles con cultivos y ganadería, como por ejemplo los huertos caseros con animales, hileras de arbustos para alimentación animal y protección del suelo, y producción integrada de cultivos.
- Otros: apicultura con árboles, lotes de árboles multipropósitos y acuicultura en mangles. (Pérez y Huerta, 2002).

Continuando con la discusión de la clasificación y caracterización de los sistemas agroforestales, se propone una metodología de clasificación fijando diversos niveles que muchas veces son confundidos como “sistemas” cuando en la realidad vienen a ser tecnologías o prácticas que son parte de un sistema pero no constituyen un sistema por sí solas. Los niveles jerárquicos son los siguientes con sus diferentes categorías:

- Nivel 1: Sistemas: agrosilvícola (componente agrícola asociado a componente forestal), silvopastoril (componente pecuario asociado a componente forestal) y agrosilvopastoril (componentes forestal, pecuario y agrícola asociados).
- Nivel 2: Tecnología agroforestales: cercas vivas, cortinas rompeviento, cultivos en fajas, barbecho o rastrojo, barreras antierrosivas, lotes multipropósitos, huertos familiares entre otros.
- Nivel 3: Prácticas agroforestales: puede resumirse a una tecnología agroforestal al nivel local, dependiendo de parámetros socioculturales (Gallusser, 2006).

La agroforestería incluye una amplia variación de sistemas de uso de la tierra. Aunque la característica distintiva de los sistemas agroforestales es la interacción árbol y cultivo y/o animales con límites discretos de separación entre este y otros sistemas de uso de la tierra, los diversos factores caracterizan las diferencias entre los distintos tipos de sistemas agroforestales. Los factores importantes incluidos en la distinción de los diferentes sistemas agroforestales son:

- Componentes de producción
- Arreglos en el espacio (horizontal y vertical)

- Arreglos en el tiempo (simultáneos y secuenciales)
- Régimen de manejo
- Función o papel

Componentes de producción: los tres componentes principales en la agroforestería son árboles, cultivos y animales/pasturas. La relativa predominancia de estos componentes define las siguientes categorías estructurales:

- Sistemas agrisilvícolas (árboles y cultivos estacionales).
- Sistemas silvopastoriles (árboles y animales/pasturas).
- Agrosilvopastoriles (árboles, cultivos estacionales y animales/pasturas).

También hay otro sistema como la producción de miel con árboles, producción de gusano de seda (entomoforestería) y cría de peces en combinación interactiva con árboles (acuaforestería), (Krishnamurthy y Ávila, 1999).



**Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales de acuerdo al tipo de componentes (Krishnamurthy y Ávila, 1999).**

Los tipos de sistemas agroforestales por componentes son:

- Agrisilvícolas: Constituidos por leñosas y no leñosas.
- Agrosilvopastoriles: Constituidos por leñosas, no leñosas y animales. (Ospina, 2001).

CONAFOR (2012) menciona que los tres principales componentes de los sistemas agroforestales son: plantas leñosas perennes (árboles), cultivos agrícolas y pastizales (animales). Se definen las siguientes categorías, las cuales se basan en la naturaleza y la presencia de estos componentes:

- Sistemas agrosilvícolas
- Sistemas silvopastoriles
- Sistemas agrosilvopastoriles

La clasificación de los sistemas agroforestales sin lugar a dudas es muy variada, pero se puede ver reflejado la importancia de los componentes estructurales, como nos pudimos percatar en las diferentes clasificaciones indicadas anteriormente.

#### **4.3. El agrobosque y su implementación dentro de la agroforestería**

Los complejos agrobosques representan un potencial muy alto para la conservación de la biodiversidad (probablemente el mayor que cualquier sistema agroforestal), debido a que estos tienen una diversidad florística extremadamente alta, múltiples estratos de vegetación, altas densidades de árboles estructuralmente son muy similares a los bosques naturales adyacentes. De hecho la diversidad de especies y la complejidad ecológicas de los agrobosques es a menudo tan similar a la de los bosques intactos. La diversidad florística de los agrobosques excede a la encontrada en cualquier otro sistema agroforestal (Jiménez *et al.*, 2001).

Los agrobosques (bosques intermedios, bosques artificiales, bosques alterados, agroforests), son espacios donde los seres humanos han dirigido la composición de los árboles de acuerdo con sus necesidades, pero preservan características estructurales y procesos ecológicos que se desarrollan en los bosques considerados naturales (Moreno *et al.*, 2013).

Otros autores nos dan su definición de este tipo de prácticas e incluso les asignan un nombre en particular, tal es el caso de “los bosquetes de uso múltiple” que son aquellos donde se incluyen sistemas complejos de bosquetes de usos múltiples que combinan componentes agrícolas, silvícolas he incluso pecuarios, la producción de forraje, la producción de madera, la producción de leña, utilización de abono verde para cultivos, protección del suelo, recuperación de suelos, esto de acuerdo a lo que mencionan (Jiménez y Muschler, 1999). Nair (1993) hace referencia a este concepto y lo cataloga como una tecnología de los sistemas agrosilvopastoriles.

Este tipo de tecnología agroforestal es efectuada en diversas partes del mundo, es por ello que se hace mención de algunos ejemplos de esta:

#### **4.3.1. Agrobosques cacaoteros en África**

En la costa oeste de África (las regiones boscosas de Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benin, Nigeria, Camerún, guinea ecuatorial y Gabón). Los cacaotales africanos se utiliza el término “cocoa agroforest” para denotar prácticamente cualquier cacaotal con sombra, ya sea este un cacaotal con un dosel de sombra muy simple, con una sola especie de servicio que provea sombra y abrigo al cacao (varias especies de los géneros *Inga*, *Albizia*, *Gliricidia*, *Erythrina*) hasta cacaotales establecidos en bosques primarios en forma de “jungle cocoa” o cacao de jungla o de bosque. Se caracterizan por tener un dosel de sombra con una fuerte presencia de especies frutales nativas y exóticas, mezcladas con unas pocas especies maderables originarias del bosque original o que son capaces de reproducirse exitosamente en el cacaotal

#### **4.3.2. Agrobosques de caucho y resinas de damar de Indonesia**

Los agrobosques de caucho (primero llamados “jungle rubber”) se inician con la tumba y quema del bosque (primario o secundario) para cultivar arroz de secano (upland rice). Junto con el arroz se planta caucho en densidad de plantación pura (500 árboles por ha). Luego de cosechar el arroz, se cultivan otras especies de ciclo corto para consumo familiar y venta por 1-3 años. Entre 3-10 años se deja de cultivar el terreno y de controlar malezas y se inicia una fase de sucesión forestal secundaria enriquecida (con el caucho) y dirigida para favorecer el desarrollo del caucho y el de otras especies útiles (madera, leña, fruta, etc.), introducidas o reclutadas de la regeneración natural en el agrobosque. A los 8-12 años de edad, los árboles

de caucho dominan el estrato superior de la vegetación y tienen el diámetro de tronco necesario para iniciar los cortes y extraer el látex durante los siguientes 30 años.

El agrobosque de damar se originan cuando al tumbar el bosque para cultivar arroz y otros cultivos de ciclo corto por 1-3 años, los agricultores: 1) evitan cortar o dañar los árboles de damar que estaban presentes en el bosque nativo (la presencia de un nutrido grupo de especies de *Dipterocarpaceae* es una de las características distintivas de los bosques indonesios y Malayos); 2) durante los primeros años de cultivos anuales, plantan activamente arbolitos de damar producidos en viveros familiares y otros extraídos de la regeneración natural en el sitio; 3) plantan frutales nativos y exóticos en los espacios del dosel que se abren por la muerte de los árboles grandes o en sitios donde falló el establecimiento del cultivo arbóreo (damar); 4) promueven el establecimiento de las plantas de varias especies nativas útiles producidas en viveros o seleccionadas de la regeneración natural, liberan el desarrollo de las plantas útiles (damar, frutales, maderables, etc.) eliminando bejucos, competidores, especies dañinas, etc. Una población de 100 árboles adultos de damar por hectárea es común. (Somarriba, 2010).

Jiménez *et al.* (2001) menciona que estos agrobosques de caucho y damar además de que tienen una densidad bastante alta de 250-500 árboles/ha, que forman la espina dorsal de los agrobosques, se pueden encontrar de 12-40 especies de frutos o maderables plantados y mantenidos de forma deliberada dentro de la misma. Muchos cientos de especies de plantas adicionales (muchas de las cuales sirven como fuente valiosa de alimento, medicina, tintas y otros materiales) se establecen de forma natural dentro del sotobosque del agrobosque, la diversidad total de plantas en los agrobosques es bastante similar a la de los bosques naturales.

#### **4.3.3. Agrobosques en México**

En nuestro país de igual forma se pueden encontrar este tipo de prácticas Moreno *et al* (2013) los cataloga como: Sistemas agroforestales de monte, de media a alta intensidad, ubicados en condiciones cálido-húmedas y semi cálido-húmedas, que son manejados por grupos mestizos, mayas, teenek y nahuas. Se incluyen en esta categoría a los llamados agrobosques, tales como el cacaotal, el te'lom y el kuojtakiloyan.

El *kuojtakiloyan* de la Sierra Norte de Puebla, el *te'lom* de San Luis Potosí y el cacaotal en el Soconusco, Chiapas y la Chontalpa, Tabasco. *Kuojtakiloyan* significa en náhuatl “bosque que produce” o “bosque útil”, es un sistema agroforestal donde hombres y mujeres de comunidades nahuas de la Sierra Norte de Puebla manejan plantas silvestres y cultivadas y donde las características estructurales de los bosques originales son preservadas, aunque la composición de las especies ha sido modificado. En este sistema se cultiva café, la especies que brindan sombra para el café, y otras que se desarrollan en este sistema, dan como resultado una rica composición florística que incluye entre 250 y 300 especies de plantas, de las cuales el 96% son consideradas útiles, empleadas principalmente como alimento (125 spp.), medicinales (40 spp.), así como numerosas especies ornamentales, combustibles, melíferas y especies que son comercializadas como canela (*Cinnamomum verum*), macadamia (*Macadamia integrifolia*), mango y café (*Coffea arabica*).

El *te'lom* significa “grupos de árboles” es un SAF manejado por los teenek que viven en las zonas de bosque tropical perennifolio de San Luis Potosí y Veracruz, este SAF puede parecer un bosque sin disturbio, pero la composición y distribución de las especies muestran el efecto del manejo humano. Puede contener elementos de vegetación primaria, bosque secundario y especies introducidas; Este SAF generalmente se establece en zonas de pendiente pronunciada; brinda diversos recursos, así como sombra para el ganado o para el café. Son cinturones de vegetación alrededor de arroyuelos y manantiales para “evitar que se sequen”. Este SAF ocupaba una cuarta parte del área de la comunidad y se podían registrar alrededor de 300 especies de plantas, de las cuales se encontraban en la categorías de uso medicinal (221 spp.), consumo humano (81 spp.), para construcción (33 spp.), y otras 65 especies tenían usos diversos como la elaboración de utensilios y colorantes.

Otro tipo de agrobosque son los cacaotales, actualmente los cacaotales en el Soconusco y la Chontalpa constituyen ejemplos notables de bosques manejados, donde además del cacao, se mantiene un elevado número de especies vegetales y animales domesticados y silvestres, de especies nativas e introducidas, lo cual imita un bosque pero que en realidad tiene una alta dominancia de especies útiles en su composición.

#### 4.4. Descripción morfológica y taxonómica de especies a establecer

##### 4.4.1. Cilantro

**Familia:** Apiáceae

**Nombre científico:** *Coriandrum sativum* L.

**Planta:** Anual, herbácea.

**Tallos:** Dicotómico, delgado, cilíndrico, hueco, suave, herbáceo y erecto, llega a medir hasta 90 cm de altura.

**Hojas:** Son compuestas con dos tipos de folíolos; los inferiores, son anchos, ovales y provistos de lóbulos dentados; los superiores, están divididos en cuatro o cinco segmentos largos y estrechos. El color de las hojas es verde intenso, aunque en ocasiones puede ser verde-amarillo.

**Flores:** Es una umbela compuesta, hermafroditas y estaminadas, de color blanco o ligeramente rozado, pentámera.

**Frutos:** El fruto es un esquizocarpo de tres a cinco milímetros de diámetro, color amarillo oscuro, esférico, formado por dos pequeñas mitades semiesféricas acopladas una contra la otra (díaquenio) y tiene estrías que son pequeños conductos que contienen aceite esencial. Cada fruto contiene dos semillas aplanadas de dos a tres milímetros de largo.

**Sistema Radicular:** Sistema radical del cilantro es fino y sencillo; su raíz principal, es axonomorfa, muy delgada y altamente ramificada (Hernández, 2003).

##### 4.4.2. Chícharo

**Familia:** Leguminosae

**Subfamilia:** Papilionoidea

**Nombre científico:** *Pisum sativum* L.

**Planta:** Planta anual herbácea.

**Raíz:** Tiene una raíz principal bien desarrollada, y con buen número de raíces laterales, con nódulos radicales que permiten la fijación de nitrógeno de la atmosfera.

**Hojas:** Tienen pares de foliolos y terminan en zarcillos, que tienen la propiedad de asirse a los tutores que encuentran en su crecimiento.

**Tallo:** Son trepadores y angulosos; respecto al desarrollo vegetativo existen unas variedades de crecimiento determinado y otras de crecimiento indeterminado, dando lugar a tres tipos de variedades: enanas, de medio enrame y de enrame.

**Flores:** Son de morfología típicamente papilionácea, y poseen simetría zigomorfa, es decir, con un solo plano de simetría. Consta de 5 sépalos, siendo los dos superiores variables, tanto en forma como en dimensiones, lo cual se utiliza como carácter varietal.

**Vainas:** Tienen de 5 a 10 cm de largo y suelen tener de 4 a 10 semillas; son de forma y color variable, según variedades; a excepción del “tirabeque”, las “valvas” de la vaina tienen un pergamino que las hace incomedibles (Miranda y Berjar, 2008).

#### 4.4.3. Lechuga

**Familia:** Asteráceae

**Nombre científico:** *Lactuca sativa* L.

**Planta:** Planta herbácea, anual y bianual

**Raíz:** Se reporta que las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 centímetros. La raíz principal llega a medir hasta 1.80 m por lo cual se explica su resistencia a la sequía. Llega a tener hasta 80 cm de altura.

**Hojas:** Las hojas de la lechuga son lisas, sin pecíolos (sésiles), arrosetadas, ovales, gruesas, enteras y las hojas caulinares son sami amplexicaules, alternas, auriculado

abrazadoras; el extremo puede ser redondo rizado. Su color va del verde amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo de cultivar.

**Tallo:** El tallo es pequeño y no se ramifica.

**Inflorescencia:** Está constituida de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y son de color amarillo.

**Semillas:** Las semillas son largas (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay pardas y castañas (Barrios, 2004).

#### 4.4.4. Rábanos

**Familia:** Cruciferae.

**Nombre científico:** *Raphanus sativus* L.

**Planta:** Anual o bienal.

**Sistema radicular:** Raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura.

**Tallo:** Breve antes de la floración, con una roseta de hojas, de color glauco y algo pubescente.

**Hojas:** Basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina lobulada o pinnatipartida, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y más grande que los laterales; hojas caulinas escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales.

**Fruto:** Silícula indehiscentes, glabras, gruesas presenta varias nervaduras longitudinales, carnosas, cilindro-lanceoladas u oblonga-cónicas.

**Semillas:** Globosas, opacas, rojizo a café rojizo, finamente reticuladas, de aproximadamente 3 a 5 mm de diámetro (Cordero, 2010).

#### 4.4.5. Zanahoria

**Familia:** Umbelliferae.

**Nombre científico:** *Daucus carota* L.

**Planta:** Bianual. Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un período de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento.

**Sistema radicular:** La raíz de la zanahoria es pivotante, siendo en la parte superior tuberosa, lisa y sin ramificaciones, y en la parte inferior, fina, comprimida y con raíces laterales. Su forma puede ser globular, cilíndrica o cónica, y de coloración blanco-amarilla, roja-anaranjada o purpura

**Tallo:** Consiste en una corona en forma de plato que se desarrolla a partir de la plúmula.

**Flores:** De color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta.

**Fruto:** Frutos entre 2 y 3 mm de longitud y 2 mm de diámetro. Con las costillas cubiertas de espínulas y pelos rígidos, y tiene forma oblongavoide (Vasco, 2008).

#### 4.4.6. Zarzamora

**Familia:** Rosáceas.

**Nombre científico:** *Rubus* sp.

**Planta:** Perenne, arbustiva, porte erecto, rastrero o trepador.

**Tallo:** Procumbentes, armados con espinas duras.

**Hoja:** Compuestas, pentafoliadas, terminado en un foliolo impar situado en un raquis espinoso, de color verde oscuro en la lámina superior y en claro en la inferior.

**Flor:** Pentámeras, hermafroditas, de color blanco a blanco rosado; cáliz de sépalos caedizos, estambres numerosos que aparecen sobre un receptáculo convexo, cada pistilo tiene un ovario

**Fruto:** O infrutescencia llamado drupa o drupola de color negro purpura a la maduración.

**Raíz:** Son profundas y ramificadas con crecimiento secundario (Ochoa y De la Tejera, 2004).

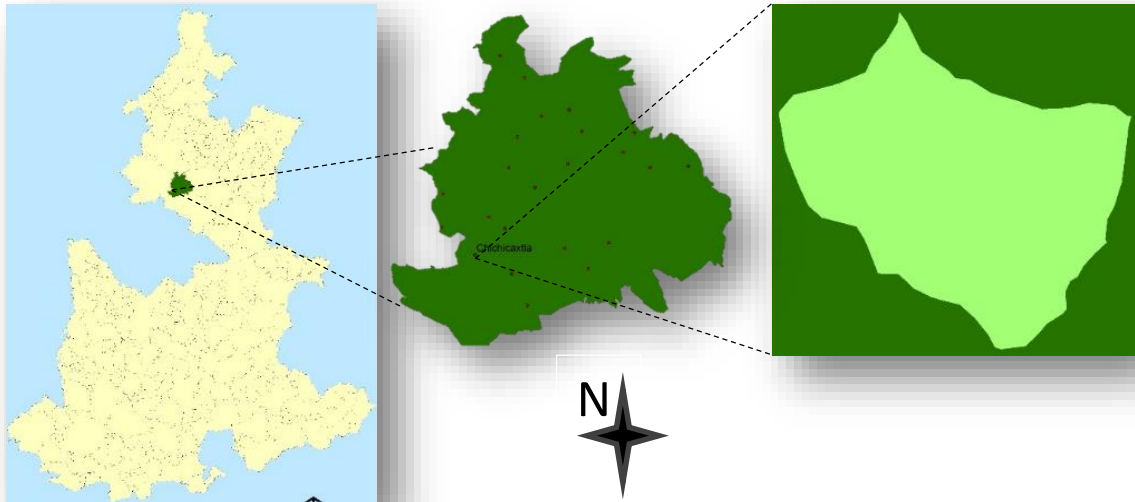
## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio se estableció en la comunidad de Chichicaxtla, que cuenta con una superficie de 15,387.47 m<sup>2</sup>. Este es un bosque ya establecido en el que se introdujeron cultivos agrícolas, de esta manera se prevé hacer un uso más intensivo de las tierras forestal y obtener mayores beneficios, como satisfacer algunas necesidades básicas principalmente de alimentación y obtener algún beneficio económico, el predio cuenta con una pendiente promedio del 30°, ubicado dentro de las siguientes coordenadas geográficas 19°44'5.49"N y 97°58'27.19"O con una altitud que va de 2675 hasta 2711 msnm. Dentro de la área de estudio se encontraron dos tipos de vegetación marcados bosque de pino y bosque de pino-oyamel-encino, con base a esta observación se rodalizó el predio.

#### 5.1.1. Localización

El poblado de Chichicaxtla está situado dentro del municipio de Aquixtla, que se localiza entre los paralelos 19° 42' y 19° 52' de latitud norte; los meridianos 97° 49' y 98° 01'; con una altitud entre 1 800 y 3 100 m. Colinda al norte con los municipios de Chignahuapan, Zacatlán y Tétela de Ocampo; al este con los municipios de Tétela de Ocampo e Ixtacamaxtitlán; al sur con el municipio de Ixtacamaxtitlán; al oeste con los municipios de Ixtacamaxtitlán y Chignahuapan (INEGI, 2009).



**Figura 2. Localización geográfica de la comunidad de Chichicaxtla ubicada en el Municipio de Aquixtla, Puebla.**

### **5.1.2. Clima**

El tipo de clima del municipio de Aquixtla es un tipo Cw, característico de un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, el que presenta una variación de temperatura que va de 12 a 18°C. Se registra una precipitación anual de 600 – 900mm. (INEGI, 2009).

### **5.1.3. Geología**

Dentro del municipio se encuentran 4 periodos. Los cuales son Neogeno, Cretacico, Cuaternario y jurásico, donde los tipos de roca presentes son Sedimentaria: caliza, lutita y caliza-lutita (INEGI, 2009).

### **5.1.4. Edafología**

El municipio se caracteriza por cuatro tipos de suelo donde el Luvisol con el 44% es el de mayor predominancia, también se encuentran Andosol, Cambisol y Leptosol (INEGI, 2009).

### **5.1.5. Topografía**

El municipio presenta una topografía bastante accidentada, su relieve está determinado por la presencia de varias sierras, cerros aislados y un Valle intermontañas (INAFED, 2014).

## 5.2. Materiales

Para llevar a cabo el levantamiento de datos generales del área, caracterización del sitio, sitios de muestreo, trazado y preparación del terreno el establecimiento de cultivos se utilizaron los siguientes materiales:

- GPS garmin
- Plancheta
- Software Arcmap
- Cuerda
- Cámara fotográfica
- Flexómetro
- Forcípula
- Pistola haga
- Cuerda compensada
- Microsoft Excel
- Machete
- Talacho
- Pala derecha
- Barreta
- Nivel de burbuja
- Enraizador Radix 10000
- Luxómetro.

### 5.3. Metodología

#### 5.3.1. Fase previa

A continuación se describen aquellas actividades que se realizaron, antes de llevar a cabo la fase de campo. Se efectuó la ubicación del predio y medición de pendiente.

##### 5.3.1.1. Delimitación de superficie satelitalmente

Se realizó el levantamiento de datos de campo correspondientes a la delimitación y ubicación del predio, mediante la utilización de GPS los datos obtenidos fueron descargados y procesados en el software Arc map donde se generaron los mapas de localización del área de estudio.



**Figura 3. Georreferenciación del área de estudio.**

##### 5.3.1.2. Determinación de la pendiente

Para llevar a cabo la determinación de la pendiente, se utilizó una plancheta (herramienta utilizada para la determinar altura y grados de pendiente de los árboles) y una cuerda, esta última se colocó a favor de la pendiente, atándola a dos árboles a la misma altura,

posteriormente sobre la línea trazada por la cuerda se colocó la plancheta y así se obtuvieron los grados de inclinación de la pendiente.

### **5.3.2. Fase de campo**

Se detallan todas las actividades que se implementaron en esta investigación.

#### **5.3.2.1. Caracterización del sitio**

La caracterización del sitio se llevó a cabo mediante la implementación de un estudio florístico los cuales; son un análisis taxonómico de las especies de plantas de un área determinada, a la vez son una valiosa herramienta científica para la colección, identificación y el registro de recursos vegetales actuales y potenciales. Así mismo, permiten obtener una idea de la composición, distribución y conservación de los mismos.

Este estudio florístico se llevó a cabo bajo el método de barrido florístico, que consiste en: realizar caminamientos recolectando las especies más a la vista y por tanto representativas que se encuentran durante los recorridos (Olguín, 2008). En este caso durante los caminamientos se efectuó la colecta mediante captura fotográfica de las especies más representativas del lugar. Después de llevar a cabo el estudio florístico, para la identificación de especies se contó con el apoyo de profesionales y apoyo de estudios florísticos implementados en la zona.

#### **5.3.2.2. Muestreo de existencias maderables**

Esta actividad de levantamiento de sitios de muestreo, se realizó mediante la metodología de “sitios de muestreo circulares de dimensiones fijas, por considerarse más exactos en la estimación de las existencias volumétricas/ha, el tamaño del sitio será de  $1000 \text{ m}^2$ , habiendo utilizar una cuerda compensada por pendiente con un radio de 17.84m” (ASMARF, 2013).

Se levantaron dos sitios de muestreo, obteniendo una intensidad de muestreo del 13.30 %, los sitios de muestreo se determinaron de acuerdo al tipo de vegetación. Esta actividad se realizó en dos ocasiones con un intervalo de un año en los mismos puntos dada la metodología a utilizar esto, para poder determinar las existencias volumétricas reales y el incremento en volumen anual, las mediciones que se tomaron son DAP (diámetro a la altura del pecho) con ayuda de una forcípula y flexómetro, altura total del árbol con ayuda de una pistola haga ,

área basal y especie (Figura 4), estos datos se les tomará a todo el arbolado que se encontraron dentro de los sitios de muestreo.

### 5.3.2.3. Determinación de existencias maderables

Una vez levantados los datos en campo se procedió a estimar las existencias volumétricas presentes en el área de estudio, estas estimaciones se realizaron para entonces si conocer el incremento volumétrico de predio, y así poder planificar su aprovechamiento mediante la metodología de MMOBI (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares). Como apoyo para la estimación volumétrica efectuada mediante cálculos matemáticos se utilizó el programa denominado Microsoft Excel 2013, a continuación se describen las fórmulas matemáticas que se implementaron para la determinación:

#### Medición del diámetro (área basal)

Para la medición de los árboles en pie se empleó la altura del pecho, se conoce como DAP o diámetro normal, se define a una altura de 1,30 cm, de altura desde el nivel del suelo. El área basal es la suma de las secciones transversales de los árboles medidas a 1.3 metros del suelo, m<sup>2</sup>/ha. El área basal relativa es el área basal de una especie entre el área basal total en la muestra x100.

$$AB = \pi R^2$$

De donde viene la fórmula.

$$AB = 3.1416 \times (D/2)^2$$

$$AB = 3.1416 \times D^2 / 4$$

$$AB = 0.7854 \times D^2$$

Fórmula para el cálculo del área basal de un árbol.

$$g = 0.7854 \times DAP^2$$

Dónde: g= área basal de un solo árbol

DAP = diámetro a la altura del pecho (Rivas, s/f).

### Calculo del volumen de árboles en pie

El volumen de un árbol en pie se calcula de la siguiente manera:  $V = AB * H * F$

Dónde:  $V =$  Volumen del árbol en  $m^{-3}$

$AB =$  Área basal en  $m^{-2}$

$H =$  Altura o longitud del árbol en m

$F =$  Factor o coeficiente de forma

$F$  se determina empíricamente, es diferente para cada diámetro y especie. Se calcula por:

$$F = V_r / V_c$$

Dónde:  $V_r =$  Volumen real de ese árbol (Calculado al trocear el árbol física o imaginariamente).

$V_c =$  Volumen cilíndrico de ese árbol, considerando su área basal a 1.3 m de altura (Rivas, s/f).

### ICA e IMA

$ICA = 10 * \text{Existencias Reales Volumen} / \text{Tiempo de paso} * \text{DAP promedio}$

$IMA = \text{Existencias Reales Volumen} / \text{Edad (ASMARF, 2013)}.$



**Figura 4. Medición de alturas (A), medición de DAP (B).**

#### **5.3.2.4. Determinación de cultivos agrícolas a asociarse**

Después de haberse realizado el estudio florístico y así conocer la estructura del bosque (principalmente de arbolado), se efectuó la determinación de especies agrícolas a establecer dentro del predio, mediante la consulta directa con productores acerca de las especies hortícolas que se producen en la comunidad. Otro punto importante es después que se llevó a cabo la consulta directa nos basamos en algunos requerimientos técnicos: rangos de temperatura y altitud principalmente, si bien es cierto que para el establecimiento de cualquier cultivo se deben considerar muchos otros factores edafoclimáticos, dadas las condiciones de los sitios donde se establecieron, son sólo estos dos criterios técnicos que se consideraron para establecer, pues parte de esta evaluación va encaminada a evaluar técnicamente el desarrollo del cultivo.

#### **5.3.2.5. Delimitación de superficie para cultivos**

La delimitación se efectuó principalmente en las zonas de claros existentes en el bosque (Figura 5), y zonas marcadas donde se genere un microclima favorable para el desarrollo de los cultivos, esta identificación de microclimas se realizó de acuerdo a la exposición del terreno y la diferencia de temperaturas que se pueda percibir mediante la sensación térmica.



**Figura 5. Claros existentes dentro del bosque establecido.**

### 5.3.2.6. Limpieza de la superficie para establecimiento de cultivos

La limpieza se realizó mediante el chapeo de especies arbustivas y herbáceas presentes en los sitios, todo indicio de regeneración natural y arbolado de porte menor se dejó presente en el sitio además de que se les tomó altura y diámetro pues después de transcurrido ocho meses se determinó su incremento en altura y diámetro donde se compararon con la regeneración presente fuera del sitio, después de efectuar el chapeo, se procedió a remover la hojarasca o ocoshal según fue el caso, hasta llegar al mantillo, pues es necesario llegar al suelo verdadero del sitio para el establecimiento de los cultivos (Figura 6).



**Figura 6. Delimitación (A) y limpieza del terreno (B).**

### 5.3.2.7. Trazado y apertura del terreno

Para llevar a cabo el trazado se utilizó un nivel de burbuja, una cuerda y dos palos, para trazar las curvas de nivel del terreno y contrarrestar efectos de erosión del suelo. Las dimensiones son de 7x10 m para hortalizas, donde se implementó una especie de terraza mediante el sistema Gradoni el cual consiste en una pequeña banqueta o terracilla de 70 a 100 cm de ancho que sigue la curva de nivel del terreno, el distanciamiento horizontal entre cada banqueta y la anchura de la misma, depende de la pluviosidad del lugar y pendiente del terreno (Pimentel, 2007). Se trabajó bajo labranza de conservación para combatir efectos de erosión como antes se mencionó, SAGARPA, (s.f.) nos menciona que la labranza de

conservación es un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo agrícola con riesgo de erosión.



**Figura 7. (A) Sistema gradoni, (B) Labranza de conservación.**

Para el caso de la Zarzamora (*Rubus* sp.) se estableció bajo el sistema Gradoni como se muestra en la figura 7 con las siguientes dimensiones: .80x10 m y con un distanciamiento de 1.5 m entre cada terracilla, se realizaron cinco terracillas en cada una de las dos áreas diferentes del bosque. Para el caso de las hortalizas también se establecieron en dos superficies.

#### **5.3.2.8. Establecimiento de cultivos**

A continuación se describen aquellas actividades que se efectuaron al establecer los cultivos, una vez establecidos para todas las especies se les hizo un acolchado con el ocoshal (Figura 8), esto para guardar humedad.



**Figura 8. Esparcimiento de ocoshal en áreas de cultivo (A), Acolchado natural con ocoshal (B).**

#### **5.3.2.8.1. Zanahoria (*Daucus carota* L.)**

La zanahoria se estableció en una terracilla de 1x10 m, con distanciamiento de 15x20 cm con una densidad de 30 plantas por metro cuadrado (Figura 9) y una densidad total de 300 plantas, la semilla se obtuvo de una tienda de agroquímicos de Chignahuapan, Puebla.

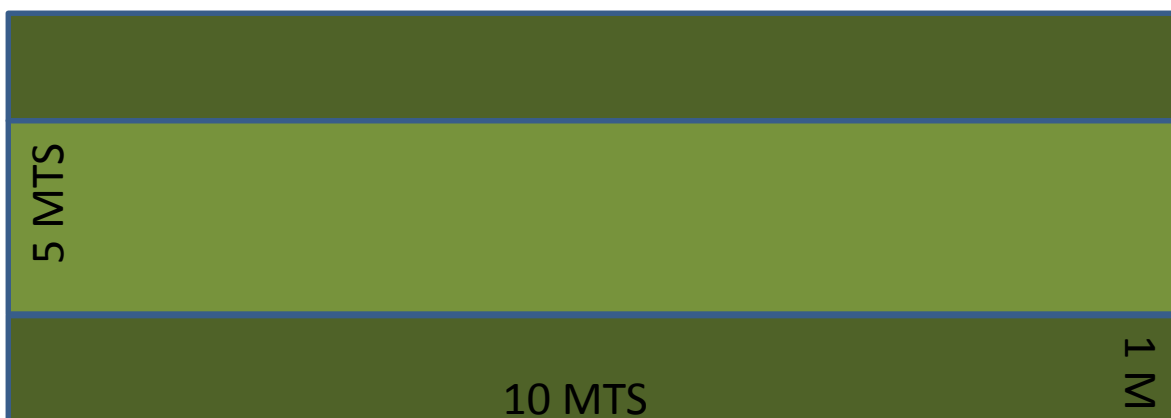
#### **5.3.2.8.2. Rábano (*Raphanus sativum* L.)**

Se implantó en una terraza mediante siembra directa (Figura 10) con distanciamiento de 10x15 cm con una densidad de 60 plantas por metro cuadrado (Figura 9), la superficie de plantación es de 10 metros cuadrados con dimensiones de 1x10 m lo que nos arrojó una densidad total de 600 plantas, la semilla se obtuvo de una tienda de agroquímicos de Chignahuapan, Puebla.

#### **5.3.2.8.3. Chícharo (*Pisum sativum* L.)**

La semilla del chícharo fue obtenida del mercado municipal de Chignahuapan, Puebla, y se sembró en chorrillo en una superficie de 5x10 m en el espacio intermedio de las terracillas como se muestra en la imagen 3 donde se implementó la labranza de conservación dado a que la superficie a trabajar es considerable y por el grado de pendiente pues lo que menos se

pretende es favorecer los efectos de erosión, el distanciamiento entre hileras fue de 40 cm. Esta actividad se realizó en las dos áreas de establecimiento de hortalizas.



**Figura 9. Arreglo en espacio de hortalizas.**



**Figura 10. Establecimiento de hortalizas mediante siembra directa (A) (B).**

#### 5.3.2.8.4. Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Para la lechuga se realizó la germinación de la semilla en una charola de unicel de 200 cavidades, se estableció lechuga romana la cual se obtuvo en Chignahuapan Puebla en una tienda de agroquímicos. Después de que la planta presentó dos pares de hojas verdaderas se procedió a trasplantar un una terracilla de dimensiones de 1x10 m , el distanciamiento entre

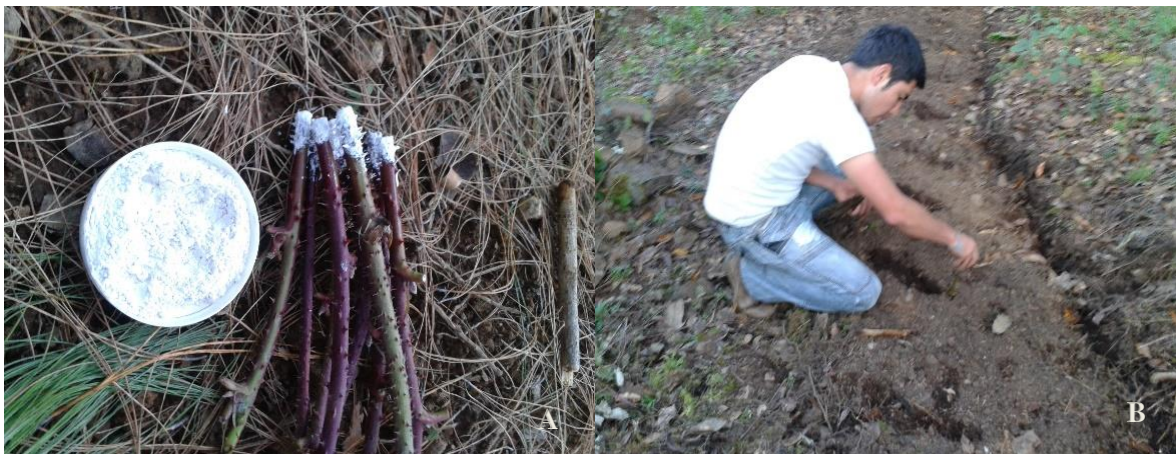
plantas fue de 30x30 cm entre hileras de 30x30 cm, generándonos una densidad de 9 plantas por metro cuadrado y un total de 90 plantas en los 10 m cuadrados. Esta especie se buscó establecer en un sitio que presento un micro-clima más favorable para su desarrollo

#### 5.3.2.8.5. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.)

El cilantro se estableció en una de las terracillas en una superficie de 10 metros cuadrados en dimensiones de 1x10 m, mediante semilla, la cual se obtuvo en una tienda de agroquímicos de la región de Chignahuapan, Puebla. La siembra se realizó al voleo y posteriormente se tapó con ramas para cubrir la semilla con la tierra. Esta especie al igual que la lechuga se estableció en un sitio con un micro-clima más favorable para su desarrollo

#### 5.3.2.8.6. Zarzamora (*Rubus* sp.)

Esta especie se estableció mediante reproducción vegetativa, con púas de entre tres y cuatro yemas axilares para tener ayuda con el enraizamiento de estas se utilizó un enraizador (Radix 10,000®), se les colocó este producto en un extremo de la púa dejando las yemas axilares hacia arriba, y se plantaron en las terracillas generadas mediante el sistema Gradoni con un distanciamiento entre plantas de 1 m dándonos una densidad de 10 plantas por terracilla (Figura 11), en total obtuvimos 100 púas plantadas por las dos áreas que se manejaron. Las púas se obtuvieron de la comunidad de Puente seco perteneciente al municipio de Tetela de Ocampo, Puebla de una pequeña plantación de Zarzamoras (*Rubus* sp.) de variedad desconocida.



**Figura 11. Aplicación de enraizador (A) y plantación de púas (B).**

### **5.3.2.9. Labores culturales**

#### **5.3.2.9.1. Riegos**

Estos se implementaron al momento de la siembra o trasplante, y de acuerdo como lo fueron requiriendo los cultivos, para llevar a cabo esta actividad se realizó de manera manual con botes y regaderas.

#### **5.3.2.9.2. Fertilización**

No se implementó pues al ser este un suelo descansado y rico en nutrientes se consideró que no es necesario aplicar fertilización para los cultivos, al menos en este primer ciclo de producción.

#### **5.3.2.9.3. Aporque**

Esta actividad se realizó de acuerdo a las necesidades de cada cultivo.

#### **5.3.2.9.4. Control de malezas**

Al igual que el aporque se realizó cuando se dio la presencia de estas dentro del área de producción y se realizó de forma manual.

#### **5.3.2.9.5. Cosecha**

La cosecha se efectuó de acuerdo al ciclo fisiológico de cada cultivo o bien hasta que se dé la madurez exacta de cada especie establecida.

### **5.3.2.10. Evaluación de comportamiento de especies agrícolas**

La evaluación del comportamiento de los cultivos establecidos se llevó a cabo principalmente en rendimientos donde se realizó la comparación de acuerdo a fuentes oficiales como lo es el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cabe mencionar que durante esta investigación se realizó el análisis de la intensidad luminosa que se pudo encontrar dentro y fuera del Agrobosque, sin embargo se debe dejar claro que para efectos de los propósitos de esta investigación este análisis no es prioritario, pero se deja abierta la posibilidad de serlo en investigaciones subsecuentes las cuales den énfasis en los factores que limitan o favorecen el desarrollo de las especies.

### 5.3.2.11. Análisis financiero

Se llevó a cabo mediante la una corrida financiera donde se determinó la relación benefició-costo, la tasa interna de retorno, valor actual neto, se implementaron las siguientes fórmulas de acuerdo a Baca (2006) con apoyo de programa Microsoft Excel® 2013 para realizar cálculos matemáticos.

$$\text{Tasa interna de retorno (TIR)} = \sum_{t=0}^{t=n} (I_t - E_t) \frac{1}{(1+i)^n} = 0$$

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Beneficios obtenidos}}{\text{Costos incurridos}}$$

$$\text{Valor actual neto} = VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Especies identificadas dentro del estudio florístico

En el Cuadro 1 se mencionan aquellas especies que resultaron del estudio florístico, implementado mediante la metodología de barrido florístico de acuerdo con Olguín (2008).

**Cuadro 1. Especies presentes dentro del estudio florístico.**

Forma biológica	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Uso Local
<b>Hierbas</b>	Adiantaceae	<i>Asplenium monanthes</i>	Helecho	Ninguno
		<i>Ageratina sp.</i>		Ninguno
		<i>Arnica montana L.</i>	Árnica	Medicinal
	Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>	Rocilla	Ninguno
		<i>Gnaphalium cheiranthifolium</i>		Ninguno
		<i>Simsia amplexicaulis</i>		Ninguno
		<i>Eupatorium sp.</i>		Ninguno
		Compositae	<i>Eupatorium skutchii</i>	
	<i>Eupatorium rufescens</i>			Ninguno
	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium feei</i>	Helecho	Ninguno
		<i>Chimaphila umbellata</i>		Ninguno
	Ericaceae	<i>Pernettya sp.</i>		Ninguno
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia nutans</i>		Ninguno
	Fabaceae	<i>Desmodium sp.</i>		Ninguno
	Geraniaceae	<i>Geranium potentillaefolium</i>	Geranio	Ninguno
		<i>Lepechinia eschiedeana</i>		Ninguno
	Lamiaceae	<i>Prunella sp.</i>		Ninguno
		<i>Stachys agraria</i>	Toronjil	Medicinal
	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	Vinagrillo-Xocoyol	Ninguno
	Poaceae	<i>Brachypodium sp.</i>	Zacate	Ninguno
	Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>	Zarzamora	Ninguno
		<i>Potentilla indica</i>	Fresa	Ninguno
	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia (Cav.) Schlechter</i>	Trompetilla	Medicinal
<i>Didymaea alsinoides Schlecht. &amp; Cham. Standl</i>		Ocoxochiltl	Hierba de olor	
<i>Didymaea sp.</i>			Ninguno	
Smilacaceae	<i>Galium hypocarpium</i>		Ninguno	
	<i>Smilax sp.</i>	Enredadera espinuda	Ninguno	
Solanaceae	<i>Solanum nigrum L.</i>	Hierba mora	Medicinal	

	Verbenaceae	<i>Verbena menthaefolia</i>		Ninguno
		<i>Eupatorium arsenei</i>		Ninguno
<b>Arbustos</b>	Asteraceae	<i>Senecio petasites</i>		Ninguno
	Ericaceae	<i>Arbutus tessellata Sorensen</i>	Madroño	Leña
	Rhamnaceae	<i>Ceanothus coeruleus Lag</i>	Ailettillo	Leña
	Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Encino	Madera en rollo- Leña- Abono
<b>Árboles</b>		<i>Abies religiosa</i>	Oyamel	Madera en rollo-Leña
	Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	Pino colorado	Madera en rollo-Leña
	Rosaceae	<i>Prunus salicifolia</i>	Capulín	Alimenticio

Como se muestra dentro del estudio realizado, dentro del predio se identificaron 37 especies, de ellas 29 son pertenecientes específicamente al estrato herbáceo cuatro arbustivo y cuatro arbóreo, de estas se encontraron 16, cuatro y cuatro familias taxonómicas respectivamente. En el Cuadro 1 ilustra el potencial de uso local, que especifica el fin productivo que se le da en la comunidad de Chichicaxtla, de ellos destacan usos alimenticios, medicinales, combustibles (leña), madera y abono (tierra de monte).

De esta forma la información obtenida con este estudio florístico, permite conocer la diversidad de especies presentes dentro del predio y la región, pues de acuerdo con Olguín (2008), dentro de un estudio aplicado en cuatro municipios de la región donde destacan Chignahuapan y Zacatlán, se identificaron 402 especies y 102 familias taxonómicas lo que manifiesta una alto grado de diversidad de flora, comparándolo con el estudio dentro del Agrobosque presenta 37 especies y 19 familias taxonómicas, o que bien es el 9.2% y 18% proporcional respectivamente a lo reportado con Olguín (2008). De acuerdo a estas cifras y tomado en cuenta que el área de trabajo es de 1.538 ha., la diversidad florística es notable.

## 6.2. Existencias volumétricas del predio

Se levantó el inventario forestal del predio para determinar las existencias volumétricas reales del área de estudio, como antes se mencionó esta actividad se efectuó en dos ocasiones tras un lapso de un año, a continuación se plasman los resultados obtenidos del año 2013 (Cuadro 2), además se puede apreciar el incremento en las existencias en el año 2014 (Cuadro 3); por otra parte se muestra el Incremento Corriente Anual (ICA) y el Incremento Medio Anual (IMA) en el 2013 (Cuadro 4) así como 2014 (Cuadro5). Cabe resaltar que este bosque

ya había sido sometido a manejo hace aproximadamente 20 años, por lo que puede apreciar una masa forestal coetánea.

**Cuadro 2 .Existencias volumétricas 2013.**

SUP. (Has)	ESPECIE	VOLUMEN EN M <sup>3</sup> /HA	VOL. M <sup>3</sup> DEL PREDIO
1.5387	<i>P.patula</i>	86.5665	133.1999
	<i>Abies religiosa</i>	6.0975	9.3822
	<i>Encino</i>	8.925	13.7329
	<b>TOTAL</b>	101.589	156.3150

Las especies de uso maderable que se encontraron son: *Pinus patula*, *Abies religiosa*, Encino, con una proporción de 85.21 %, 6.00 % y 8.79 % respectivamente. Después de un año transcurrido nuevamente se realizó el inventario, para determinar el incremento en volumen que presentó la masa forestal presente en el predio, lo que permitió conocer un poco del comportamiento del bosque.

**Cuadro 3. Existencias volumétricas 2014.**

SUP. (Has)	ESPECIE	VOLUMEN EN M <sup>3</sup> /HA	VOL. M <sup>3</sup> DEL PREDIO
1.5387	<i>P.patula</i>	93.624	144.0592
	<i>Abies religiosa</i>	6.1205	9.4176
	<i>Encino</i>	9.943	15.2993
	<b>TOTAL</b>	109.6875	168.7762

Al igual que en el año 2013 las especies de uso maderable son las antes mencionadas con las siguientes proporciones: 85.36 % *Pinus patula*, 5.58% *Abies religiosa* y 9.06% Encino, el cambio que se puede apreciar en la distribución porcentual, se debe a que un árbol de la especie *Abies religiosa* presentó daños por un rayo, por el cual este se excluyó del segundo inventario, mostrando así dicha variación proporcional. Por otra parte en el estudio inicial se determinó una existencia maderable total de 156.3150 m<sup>3</sup> comparado con los 168.7762 m<sup>3</sup> que se determinaron para la segunda evaluación, se presentó un aumento del 7.98% en

relación a los dos estudios realizados, es posible notar que el incremento en volumen de la masa forestal del predio al haber transcurrido un año es de 12.46 m<sup>3</sup> de madera, resultado de hacer la cubicación de cada uno de los árboles en pie presentes en cada uno de los sitios de muestreo.

### 6.2.1. ICA e IMA

Se menciona el Incremento Corriente Anual (ICA) es el cambio de crecimiento en un periodo de tiempo y el Incremento Medio Anual (IMA) es el crecimiento acumulado relacionado con la edad correspondiente al año 2013 y 2014 (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Determinación de ICA e IMA 2013 y 2014 así como su diferencia.**

SUP. (Has)	ESPECIE	I.C.A. (M <sup>3</sup> )			I.M.A. (M <sup>3</sup> )		
		2013	2014	DIFERENCIA	2013	2014	DIFERENCIA
1.5387	<i>P.patula</i>	7.409	8.689	1.280	7.636	9.665	2.030
	<i>Abies religiosa</i>	0.041	0.461	0.420	0.039	0.474	0.436
	<i>Encino</i>	0.738	0.928	0.190	0.421	0.590	0.169
	TOTAL	8.188	10.078	1.889	8.095	10.730	2.634

Como se nota el Cuadro 4 hace referencia al incremento presentado durante la evaluación para el ICA e IMA tras un lapso de un año, este incrementó esta dado en metros cúbicos donde ICA mostro un aumento de volumen en Pino de 1.280 m<sup>3</sup>, Oyamel 0.420 m<sup>3</sup> y Encino 0.190 m<sup>3</sup>, por otra parte IMA mostro el siguiente comportamiento de acuerdo a cada especies, Pino 2.030 m<sup>3</sup>, Oyamel 0.436 m<sup>3</sup>, 0.169 m<sup>3</sup>. Esto demuestra que el incremento de acuerdo a la edad y a un cierto periodo de tiempo, es poco aparentemente, pero que aplicado a una masa forestal representa un aumento considerable, además de que el conocer esta información nos permite programar un posible aprovechamiento del arbolado.

### 6.3. Especies agrícolas establecidas dentro del predio

Después de llevar a cabo el establecimiento de los cultivos y evaluar su comportamiento desde un punto de vista técnico, principalmente volumen de la producción, se obtuvieron los siguientes resultados (Cuadro 5), los que fueron comparados con fuentes oficiales, para esta

investigación se tomó como referencia el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en la base de datos registrada para el año 2013.

**Cuadro 5. Producción obtenida en Agrobosque y su comparación con lo producido en el Estado de Puebla.**

<b>Cultivo</b>	<b>Producción Agrobosque (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Producción en Puebla (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Zanahoria</b>	Sin Producción	Temporal: 362 gr.m <sup>2</sup> Riego: 792 gr.m <sup>2</sup>
<b>Rábano</b>	2 kg.m <sup>2</sup> que es equivalente a 4 rollos en el mercado local	Temporal: 1 kg.m <sup>2</sup> Riego: 945 gr.m <sup>2</sup>
<b>Cilantro</b>	3 kg.m <sup>2</sup> que es equivalente a 2 rollos en el mercado local	Temporal: 997 gr.m <sup>2</sup> Riego: 847 gr.m <sup>2</sup>
<b>Chícharo</b>	200 gr.m <sup>2</sup> y 1 kg por surco	Temporal: 362 gr.m <sup>2</sup> Riego: 792 gr.m <sup>2</sup>
<b>Lechuga</b>	Sin Producción	Temporal: 1.5 kg.m <sup>2</sup> Riego: 1.95 kg.m <sup>2</sup>
<b>Zarzamora</b>	Sin Producción	Temporal: 843 gr.m <sup>2</sup> Riego: 400 gr.m <sup>2</sup>

**Fuente: Producción en Puebla (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)).**

### **6.3.1. Zanahoria (*Daucus carota* L.)**

El comportamiento de este cultivo durante el tiempo de evaluación, no fue el esperado pues tras llevar a cabo la siembra directa se pudo observar, que la germinación fue nula demostrando así que el establecer este cultivo bajo esta tecnología agroforestal no es una buena alternativa de producción, pues las condiciones para su germinación y desarrollo no son favorables para ser considerada una especie pertinente.

### **6.3.2. Rábano (*Raphanus sativum* L.)**

Este cultivo se sembró de manera directa y se pudo ver una respuesta inmediata pues el porcentaje de germinación fue del 100%; durante el desarrollo del cultivo se notó que el incremento de follaje fue de una manera lenta, al realizar ciertas prácticas culturales tales como aporque y deshierbe se observó un desarrollo del follaje que a la postre se vio reflejado favoreciendo la producción (Figura 12), la que comparándola con lo reportado por el SIAP (2013), es del doble con referencia a la producción a nivel estatal, pues como se aprecia en

el Cuadro 5 se obtuvo una producción de  $2 \text{ kg.m}^{-2}$  obteniendo así una producción total de 20 kilogramos de rábano en los  $10 \text{ m}^{-2}$ , por ello es conveniente resaltar de acuerdo a los resultados obtenidos para este cultivo en términos de rendimiento, es posible considerarla como una especie adecuada para su producción bajo la tecnología agroforestal de Agrobosque.



**Figura 12. Desarrollo fisiológico del cultivo de Rábano (A) Germinación, (B) Desarrollo, (C) Producción.**

### 6.3.3. Chícharo (*Pisum sativum* L.)

El chícharo es el cultivo que ocupó una mayor superficie sembrada con  $100 \text{ m}^{-2}$ , recordando así que el establecimiento se realizó con siembra a chorrillo bajo labranza de conservación. Para la etapa de la germinación no se presentó mayor problema, pues se dio de forma regular referente al crecimiento y desarrollo, este último se presentó de forma lenta pues la altura máxima alcanzada por la planta fue de 35 cm, para la etapa de floración no se observó mayor complicación, no fue así para el caso del llenado de vaina y desarrollo del grano, ya que entre el 30 y 35 % de las primeras estaban banas.

Un punto importante a considerar, es que este cultivo en particular fue el único que presento problemas referentes a la mastofauna, pues las partes más tiernas de algunas de ellas presentaban daños visibles ocasionados por herbívoros. Esto es una causa que origina una merma considerable, por lo cual se decidió resembrar en la parte donde se presentó dicha

problemática, después de efectuar la resiembra el desarrollo del cultivo marchaba de la mejor forma hasta que por efectos externos los cuales no podemos controlar, la parte resembrada fue pérdida total pues la precipitación que se presentó a mediados de julio tuvo un impacto negativo en el desarrollo del chícharo (Figura 14). Por tales motivos el rendimiento de esta especie se determinó únicamente con el área cultivada durante la primera siembra y que logró llegar hasta la etapa de producción, obteniendo así 200 gr. m<sup>2</sup> y un 1 kilogramo por surco.

Comparando con lo producido a nivel estatal de acuerdo al SIAP (2013), la producción de esta especie dentro del Agrobosque es apenas del 55.25% pues el rendimiento reportado bajo condiciones de temporal se obtienen 362 gr.m<sup>2</sup>, y bajo condiciones de riego se registran 792 gr.m<sup>2</sup> resultando un 25.25% lo producido en el Agrobosque, arrojando una producción total estimada de 20 kilogramos lo que indica que el producir chícharo bajo esta tecnología agroforestal es una opción viable.



**Figura 13. (A) Germinación, crecimiento (B), floración (C) y producción (D).**

Como parte de este análisis se llevó a cabo la comparación de rendimientos de esta tecnología con un sistema agroforestal establecido en la comunidad de Eloxotla, Tetela de

Ocampo, Puebla donde se implementó el cultivo del chícharo en una plantación de tres especies de pino bajo sistema Taungya en etapa de establecimiento, que de acuerdo con Reyes (2013) obtuvo una producción por hectárea de 1.85 ton<sup>1</sup> que es igual a 185 gr.m<sup>2</sup> dentro de este sistema agroforestal. Esto implica que la producción es similar a la obtenida dentro del Agrobosque, pues como se mencionó los rendimientos obtenidos por m<sup>2</sup> son de 200 gr siendo así una producción mayor en un 7.25%, resultados que demuestran que la implementación de sistemas agroforestales así como sus tecnologías y prácticas resultan una gran alternativa de producción.

Cabe destacar que las condiciones de producción del cultivo en esta primera instancia se presentaron de una manera distinta en ambos sistemas, pues para el caso del sistema Taungya el establecimiento de esta especie se hizo en una plantación la cual implicó un diseño en cuanto a distribución de especies, donde las condiciones en cuanto a competencia por nutrientes, intensidad de luz, humedad, etc., son completamente diferentes a las que se pueden encontrar dentro del Agrobosque, pues este es un bosque ya establecido que en algún momento fue intervenido y en donde el arbolado presenta mayores dimensiones en diámetro y altura, que además generan una mayor competencia por nutrientes e impide que la intensidad lumínica sea menor por la sombra creada por el dosel. Aunado a esto es importante resaltar que en un futuro ambos sistemas presentarían condiciones muy similares de producción.



**Figura 14. Efectos externos y su impacto sobre cultivo del Chícharo.**

#### 6.3.4. Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

El comportamiento de la lechuga durante el tiempo de evaluación, no fue el esperado pues tras llevar a cabo la siembra directa se observó que la germinación fue nula al igual que la zanahoria, dada esta situación se produjo la planta en una charola de 200 cavidades, para su posterior trasplante en campo, después de establecerla mediante plántula el comportamiento de la lechuga fue negativo, pues no se percibió un aumento en biomasa hasta llegar al punto de perder las plantas que se establecieron (Figura 15), demostrando así que el establecer este cultivo bajo esta tecnología agroforestal en la comunidad de estudio, no es una alternativa viable de producción.



**Figura 15. Comportamiento de Lechuga dentro del Agrobosque, (A) Trasplante y (B) Desarrollo.**

#### 6.3.5. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.)

Después de que esta especie se sembró al voleo se observó que no presentó problema alguno, pues desde su germinación el cultivo mostró un adecuado desarrollo, alcanzando así una altura máxima de 30 cm, cabe mencionar que manifestó un ligero amarillamiento del follaje efecto que se le atribuye a la competencia por nutrientes, originada por la alta densidad de siembra con la que se estableció. Se cuantificó un rendimiento de 3 kg.m<sup>2</sup> tal y como se menciona en el cuadro 5, comparando con lo producido a nivel estatal se obtuvo un 200 % más, pues bajo condiciones de temporal se estiman 997 gr.m<sup>2</sup> y bajo riego 847 gr.m<sup>2</sup>,

este resultado puede llegar a ser engañoso pues la densidad de siembra fue muy elevada, ya que para 10 m<sup>2</sup> donde se utilizó ½ kilogramo de semilla y generalmente para sembrar una hectárea se utilizan de 20 a 25 kilos de semilla es por ello que dicho rendimiento resulto muy superior al reportado para el estado de Puebla (SIAP, 2013). Con respecto a lo anterior es importante resaltar que de acuerdo a los resultados obtenidos para este cultivo en términos de rendimiento, se puede considerar como una especie promisoría para su producción bajo la tecnología agroforestal de Agrobosque.



**Figura 16. Cultivo del Cilantro (A) Germinación, (B) Crecimiento, (C) Desarrollo y (D) Producción.**

#### **6.3.6. Zarzamora (*Rubus* sp.)**

Se analizó el comportamiento de este cultivo después de establecerlo mediante reproducción vegetativa con ayuda de un enraizador comercial (RADIX 10,000®), donde se implementaron 100 púas distribuidas en las dos áreas. El desarrollo no fue el esperado pues

no se presentó crecimiento vegetativo esperado (Figura 17), además se presentaron factores climáticos adversos como heladas, las que dejaron daños visibles, ya que quemaron los rebrotes que presentaban las púas, motivo por el cual se estableció la zarzamora mediante trasplante, estableciendo así 40 plantas de dos variedades conocidas en la región como Zacatecas y Brasil (Figura 18), dichas plantas se obtuvieron en el municipio de Cuautempan, Puebla.



**Figura 17. Comportamiento de las púas de Zarzamora (A) (B) (C).**

La evaluación del rendimiento del cultivo no se consideró en este estudio, ya que la producción inicia un año después de establecida. Por ello se observó el proceso de climatización de la planta, pues la diferencia de temperaturas y la humedad relativa es diferente del lugar de origen a el sitio donde se establecieron, además que estas eran producidas a campo abierto, permitiendo de este modo evaluar únicamente el crecimiento vegetativo de la planta, de que se observó la presencia de rebrotes e incremento del follaje (Figura 18). Dadas las circunstancias la etapa de producción podrá ser evaluada hasta la primavera y verano del año 2015, donde de acuerdo con los productores de la región se

obtiene aproximadamente 1 kilogramo de zarzamora por mata, rendimiento que se espera obtener para el momento de la evaluación, pues en la temporada de otoño invierno de 2014 ya se presentan algunas flores.



**Figura 18. Trasplante (A) (B) (C) y Comportamiento de plantas de Zarzamora (D) (E) (F).**

### 6.3.7. Intensidad lumínica presente en el Agrobosque

Cabe resaltar que durante el proceso de investigación se consideró el llevar a cabo la medición de la intensidad de luz presente en los sitios donde se establecieron los cultivos, levantando así tres mediciones a distintas horas del día dentro y fuera del bosque, para determinar cuál es la intensidad lumínica en la que se desarrollaron los cultivos. Se obtuvo como resultado que dentro del Agrobosque en promedio se presenta una intensidad de luz de 6,062 lx y fuera del bosque 21,736 lx, nos podemos percatar que la diferencia en cuanto a la

presencia de luz es muy considerable, pues la intensidad presente en el bosque es 3.5 veces menor que fuera de este.

Con esta información referente a la intensidad luminosa, es posible apreciar que la sombra generada por el dosel arbóreo no limita el desarrollo de especies tales como chícharo, rábano, cilantro y zarzamora, e incluso es posible que el canopeo proveniente de las especies forestales favorezca su desarrollo, no así para otras especies utilizadas para esta investigación como la zanahoria y la lechuga, cuyo limitado desarrollo y bajos rendimientos pudieron deberse a la poca exposición a la luz solar, pero también al tipo y propiedades del suelo, características del sistema productivo, etc., o una interacción entre estos factores.

Sin embargo se debe dejar claro que para efectos de los propósitos de esta investigación este análisis no es prioritario, pero puede serlo en investigaciones subsecuentes las cuales den énfasis en los factores que limitan o favorecen el desarrollo de las especies.

#### **6.3.8. Comportamiento de la regeneración en sitios donde se establecieron cultivos**

El evaluar el comportamiento de la regeneración observado dentro de las áreas donde se establecieron las especies agrícolas, es un punto importante pues lo que menos se pretende con la implementación de este tipo de tecnologías Agroforestales, es alterar las condiciones naturales del predio y así ver comprometido el crecimiento natural del bosque.

Por ello al llevar a cabo el chapeo y limpieza del área donde se trabajó, se tomó a bien respetar todo indicio de regeneración natural de especies forestales y levantar algunos datos como los son diámetro y altura (Figura 19), para evaluar su crecimiento en comparación con la regeneración que se encontró fuera de las áreas destinadas al cultivo. Esta evaluación se llevó a cabo en un lapso de 8 meses donde después de levantar y procesar los datos, se pudo observar que la regeneración presente dentro de las áreas bajo cultivo mostraron un aumento promedio en diámetro de 4.7 mm y en altura 20 cm, por el contrario la regeneración situada fuera de estas, mostraron 1.9 mm y 8 cm en altura.

Esto lleva a considerar que el implementar esta práctica de producción, puede traer resultados favorables para el desarrollo de las especies forestales presentes en el sitio y que

a la larga podría generar una mayor ganancia en volumen del arbolado, pues el incremento encontrado en asociación con las especies agrícolas es de en 149% superior en diámetro y 150% en altura. Sin embargo como se expresó en párrafos anteriores para esta evaluación se debe dejar claro, que en los propósitos de esta investigación este análisis no fue considerado inicialmente, pero puede serlo en investigaciones futuras que den énfasis en las causas que llegaran a favorecer o limitar el desarrollo de las especies forestales.



**Figura 19. Medición de diámetro (A) y altura de la regeneración (B).**

## **6.4. Análisis financiero**

### **6.4.1. Análisis financiero forestal**

Para el análisis financiero se determinó que de plantearse el aprovechamiento maderable de las especies forestales en el año 2014 tomando este como año 0, y se programara con un ciclo de corta de 10 años con 3 anualidades e intervalos de 3 años nos daría los siguientes valores:

- Tasa Interna de Retorno (TIR) de 114 %
- Valor Actual Neto (VAN) de \$205,221<sup>80</sup>
- Relación beneficio costo de \$2<sup>34</sup>

Dando así resultados favorables pues la Tasa Interna de Retorno indica el grado de rentabilidad de esta actividad, y como se observa la viabilidad es superior al 100% dato que indica que el realizar el aprovechamiento forestal es factible, y que decir del Valor Actual Neto pues mediante el cálculo de los flujos de caja, muestra que el valor actual de realizar el aprovechamiento forestal es de \$205,221<sup>80</sup>. De igual manera se plasma el flujo de efectivo que se presentaría en estas 3 anualidades (Cuadro 6, Figura 20), las estimaciones de dichos flujos se realizaron mediante una proyección, los precios tanto de ingresos y egresos se fijaron de acuerdo a los manejados en la región.

Por otra parte el estimar la relación beneficio-costos nos ayuda a conocer la rentabilidad de cualquier proyecto o actividad, mediante ciertos flujos de efectivo de una forma sencilla, pues es implementada para estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización de cualquier actividad productiva, dicho de otra manera indica cuanto es lo que se obtiene de ganancia por cada peso que es invertido, para el caso del aprovechamiento forestal se presenta una relación B/C de \$2<sup>34</sup> recuperando el 234% por cada peso invertido.

#### **Cuadro 6. Flujo de caja de las 3 anualidades.**

	<b>2017</b>	<b>2020</b>	<b>2023</b>
<b>Inversión</b>	\$ 30,517 <sup>77</sup>	\$ 42,233 <sup>56</sup>	\$ 56,389 <sup>66</sup>
<b>Ventas</b>	\$ 106,444 <sup>73</sup>	\$ 157,475 <sup>06</sup>	\$ 213,303 <sup>11</sup>
<b>Ganancia</b>	\$ 75,926 <sup>95</sup>	\$ 115,241 <sup>50</sup>	\$ 156,913 <sup>45</sup>



**Figura 20. Flujos de caja de las 3 anualidades.**

Dentro de los egresos de inversión se consideraron los siguientes: Elaboración de permisos, pago por servicios técnicos que consisten en el manejo y marcado de arbolado a derribar, gasto por derribo-troce-arribe el cual dependerá del volumen autorizado y para finalizar gastos por concepto de flete donde se considera únicamente el traslado de la leña.

Las proyecciones de volumen se hicieron con base al incremento volumétrico que se obtuvieron de acuerdo a los resultados obtenidos donde se demostró ICA e IMA, de ahí se partió para realizar dicha proyección, se ilustra el volumen en  $m^{-3}$ , su precio de venta así como el tipo de materia prima y la distribución del producto correspondiente a primera (Cuadro 7), segunda (Cuadro 8) y tercera (Cuadro 9) anualidad respectivamente.

**Cuadro 7. Primera anualidad 2017 distribución de volumen y valor comercial.**

<b>Especie y Volumen</b>	<b>Tipo de materia prima</b>	<b>Cantidad m<sup>3</sup></b>	<b>D.P. (%)</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Pino 79.926 m <sup>3</sup>	Primarios	52.700	65.937	\$ 1,540.00	\$ 81,158.38
	Secundarios	13.631	17.055	\$ 942.50	\$ 12,847.46
	Leña	13.590	17.003	\$ 265.00	\$ 3,601.36
Oyamel 5.225 m <sup>3</sup>	Primarios	3.409	65.246	\$ 1,466.25	\$ 4,998.60
	Secundarios	1.014	19.400	\$ 901.25	\$ 913.57
	Leña	0.802	15.343	\$ 265.00	\$ 212.45
Encino 8.488 m <sup>3</sup>	Primarios	0.078	0.920	\$ 785.00	\$ 61.31
	Secundarios	1.659	19.539	\$ 520.00	\$ 862.43
	Leña	6.752	79.541	\$ 265.00	\$ 1,789.17

**Cuadro 8. Segunda anualidad 2020 distribución de volumen y valor comercial.**

<b>Especie y Volumen</b>	<b>Tipo de materia prima</b>	<b>Cantidad m<sup>3</sup></b>	<b>D.P. (%)</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Pino 111.831 m <sup>3</sup>	Primarios	73.738	65.937	\$ 1,624.00	\$ 119,750.28
	Secundarios	19.073	17.055	\$ 1,024.50	\$ 19,540.06
	Leña	19.015	17.003	\$ 274.00	\$ 5,210.13
Oyamel 7.311 m <sup>3</sup>	Primarios	4.770	65.246	\$ 1,536.00	\$ 7,326.72
	Secundarios	1.418	19.400	\$ 956.00	\$ 1,355.91
	Leña	1.122	15.343	\$ 274.00	\$ 307.35
Encino 11.877 m <sup>3</sup>	Primarios	0.109	0.920	\$ 842.00	\$ 92.01
	Secundarios	2.321	19.539	\$ 562.00	\$ 1,304.18
	Leña	9.447	79.541	\$ 274.00	\$ 2,588.41

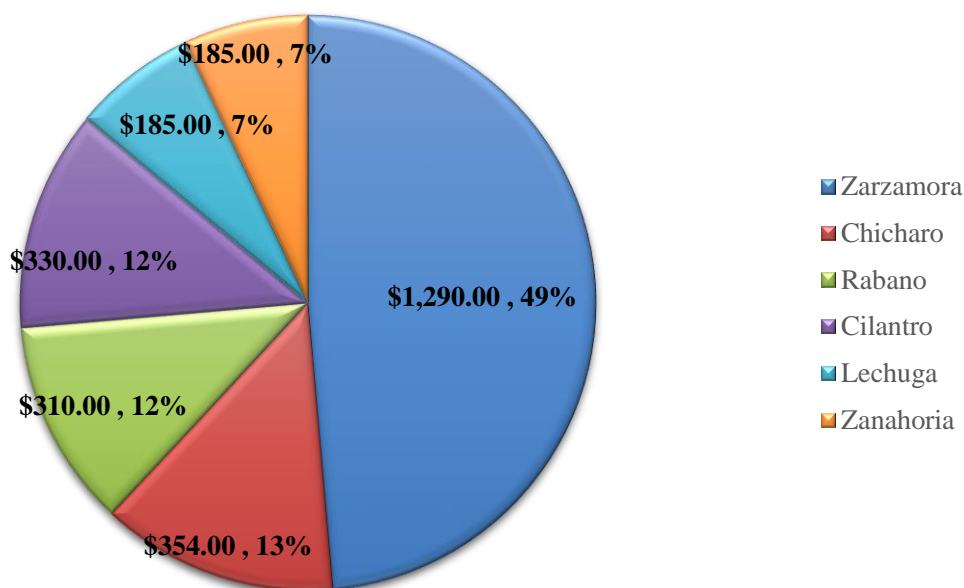
**Cuadro 9. Tercera anualidad 2023 distribución de volumen y valor comercial.**

<b>Especie y Volumen</b>	<b>Tipo de materia prima</b>	<b>Cantidad m<sup>3</sup></b>	<b>D.P. (%)</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Pino 143.497 m <sup>3</sup>	Primarios	94.617	65.937	\$ 1,708.00	\$ 161,606.07
	Secundarios	24.473	17.055	\$ 1,086.00	\$ 26,578.04
	Leña	24.399	17.003	\$ 283.00	\$ 6,905.00
Oyamel 10.108 m <sup>3</sup>	Primarios	6.595	65.246	\$ 1,606.50	\$ 10,594.50
	Secundarios	1.961	19.400	\$ 1,010.75	\$ 1,981.98
	Leña	1.551	15.343	\$ 283.00	\$ 438.89
Encino 14.795 m <sup>3</sup>	Primarios	0.136	0.920	\$ 899.00	\$ 122.38
	Secundarios	2.891	19.539	\$ 604.00	\$ 1,746.00
	Leña	11.768	79.541	\$ 283.00	\$ 3,330.25

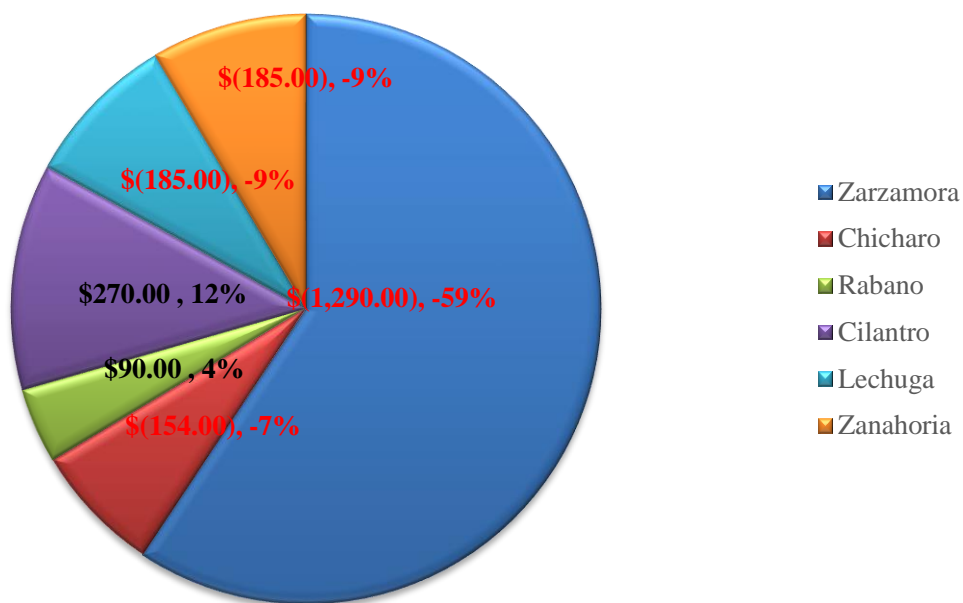
#### 6.4.2. Análisis financiero cultivos

Por lo consiguiente en la corrida financiera para el caso de los cultivos establecidos, durante el primer ciclo de producción los saldos no se presentaron favorables, pues la relación beneficio costo resulto de - \$0<sup>52</sup> pesos (Figura 21 y 22), ya que existieron gastos que no se tuvieron contemplados como la compra de la planta de zarzamora, además de que 2 cultivos establecidos dentro del Agrobosque no presentaron rendimiento alguno, generando un mayor costo de producción y un menor costo de ventas para este primer ciclo productivo.

Sin embargo a partir del segundo ciclo de producción, dichos saldos se verán favorecidos pues la relación beneficio costo será de \$2<sup>20</sup> pesos (Figura 23 y 24) dejando así una ganancia de \$1,926 pesos a partir del segundo ciclo productivo, esta cifra se podrá ver aumentada año con año pues en la superficie donde no se obtuvo producción alguna, se pueden establecer aquellas que sí presentaron grado de adaptabilidad al medio y de las cuales se obtuvo rendimiento alguno, además que para el caso de la zarzamora se podrá aumentar el número de plantas pues esta es una especies que se caracteriza por generar una gran cantidad de rebrotes de raíz, logrando de este modo aumentar la plantación y obtener mayores rendimientos, e incluso se podría hacer plantas en bolsas de polietileno para posteriormente generar su comercialización.

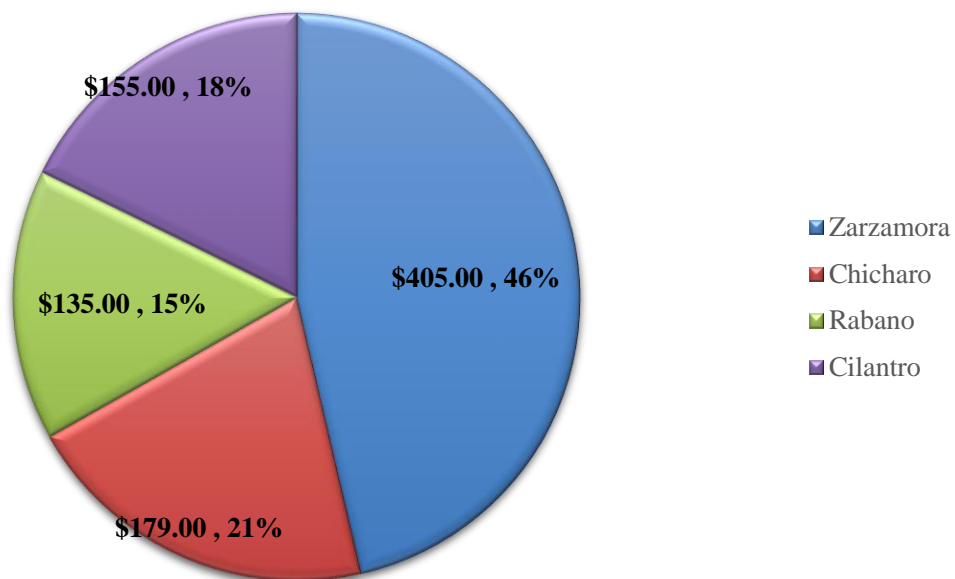


**Figura 21. Inversión inicial primer ciclo de producción cultivos agrícolas 2014.**

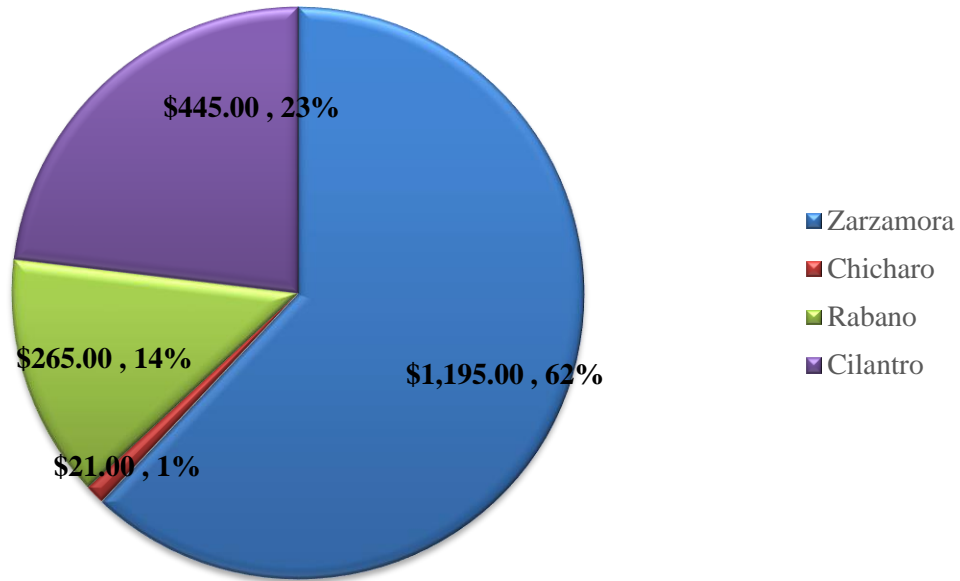


**Figura 22. Ganancias del primer ciclo de producción cultivos agrícolas 2014.**

Los saldos en rojo indican que los costos de producción por especie son mayores que lo obtenido de concepto de venta, como lo es para chícharo y zarzamora, por el contrario la zanahoria y la lechuga mostraron saldos negativos, pues no presentaron rendimiento alguno con la que se pudieran saldar los gastos de producción.



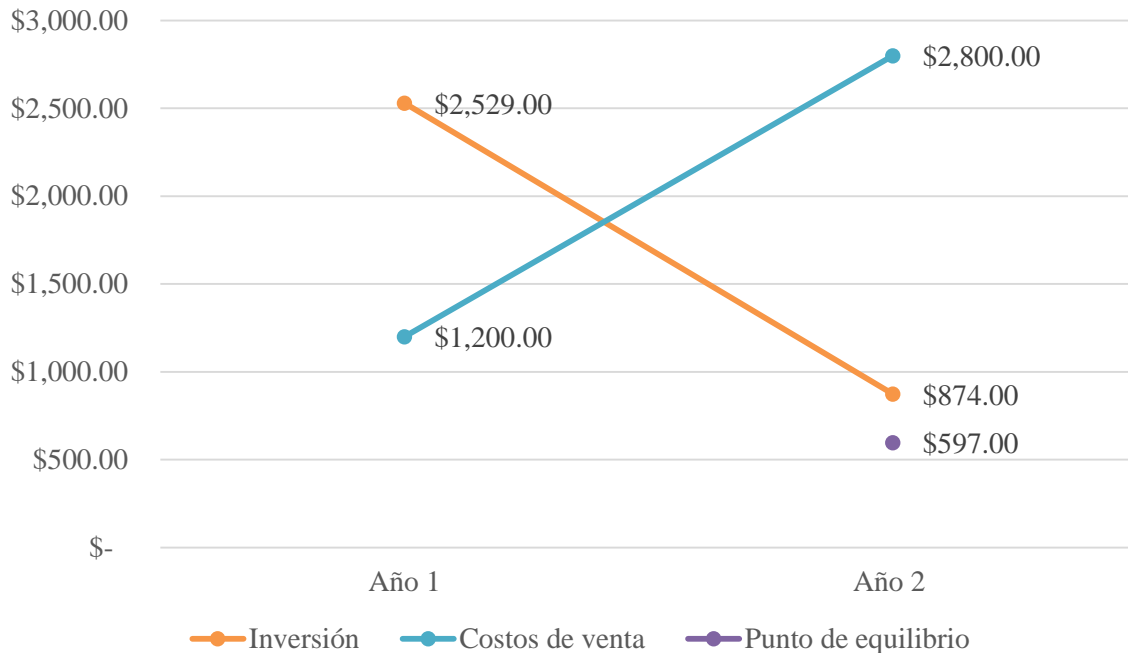
**Figura 23. Inversión del segundo ciclo de producción cultivos agrícolas 2015.**



**Figura 24. Ganancias del segundo ciclo de producción cultivos agrícolas 2015.**

Como antes se especificó, las ganancias a partir del segundo ciclo de producción, se pueden mantener durante los restantes ocho años de acuerdo con la proyección o se puede presentar un aumento si así se incrementa también el área bajo este manejo. De igual forma se determinó la TIR que resultó con un valor de 59% que en base a este dato se puede apreciar la esta actividad es rentable, la VAN resulto con valor de \$7,675<sup>35</sup>, estas estimaciones al igual que el ámbito forestal se proyectó a 10 años tomando como año 0 el 2014.

Como complemento de este análisis financiero se realizó una gráfica (Figura 25), donde se muestran el punto de equilibrio referente a la actividad de los cultivos agrícolas establecidos dentro del Agrobosque, dicha grafica muestra el tiempo medido en años en el que se recupera la inversión, con esto se puede decir, que el implementar esta tecnología agroforestal bajo estas condiciones muestra un punto de equilibrio para el segundo año e incluso una ganancia de \$597 pesos, y haciendo alusión a lo anterior se muestra como una alternativa de producción viable para la zona templada de Chichicaxtla, Puebla.



**Figura 25. Punto de equilibrio cultivos agrícolas.**

### 6.4.3. Análisis financiero Agrobosque

Con respecto a lo anterior y tras conocer que efectuar estas actividades productivas por separado, brindan buenos resultados siendo alternativas viables de producción para la comunidad de Chichicaxtla, se determinó TIR, VAN y relación B/C asumiendo que estas se realizaran de forma simultánea, resultando así los siguientes valores:

- Tasa interna de retorno (TIR): 25%
- Valor actual neto (VAN): \$102,184<sup>90</sup>
- Relación beneficio costo (B/C): \$2<sup>60</sup>

Dando de este modo resultados favorables, pues la TIR indica que la implementación del Agrobosque para este estudio, soporta hasta una tasa de interés del 25% teniendo un alto grado de rentabilidad, dato que indica que realizar el aprovechamiento forestal y la

implementación de cultivos simultáneamente es factible. El VAN mediante el cálculo de los flujos de caja, muestra que el valor actual del Agrobosque es de \$102,184<sup>90</sup>.

Por otra parte el estimar la relación B/C nos ayuda en gran medida a conocer la rentabilidad de cualquier proyecto o actividad, mediante ciertos flujos de efectivo de una forma sencilla, pues es implementada para estimar adecuadamente los recursos económicos necesarios, en el plazo de realización de cualquier actividad productiva, dicho de otra manera indica cuanto es lo que se obtiene de ganancia por cada peso que es invertido, para el caso del Agrobosque se presenta una relación B/C de \$2<sup>60</sup> recuperando el 260% por cada peso invertido. Con relación a lo anterior este tipo de tecnologías agroforestales llevadas a la práctica en la comunidad de Chichicaxtla, se presentan como una actividad de producción viable.

**Cuadro 10. Comparación de Análisis Financiero Forestal, Cultivos y Agrobosque.**

	<b>Bosque bajo Manejo Forestal</b>	<b>Cultivos establecidos</b>	<b>Agrobosque</b>
TIR	114%	59%	25%
B/C	\$2 <sup>34</sup>	\$2 <sup>20</sup>	\$2 <sup>60</sup>
VAN	\$205,221 <sup>80</sup>	\$7,675 <sup>35</sup>	\$102,184 <sup>90</sup>

Dentro del Cuadro 10 se describe el comportamiento de las variables de interés dentro del análisis financiero que se presentó para cada uno de los componentes productivos. Esto indica que el llevar a cabo estas actividades por separado resulta una actividad rentable principalmente para el sector forestal, la que presenta resultados a mediano plazo para posteriormente esperar por 40 o 50 años para poder intervenirlo nuevamente; la producción de los cultivos agrícolas se presenta como una actividad poco impactante económicamente pero que es una alternativa viable a corto, mediano y largo plazo.

Por esto el agrobosque representa una opción tanto rentable como sostenible, pues al implementar estos dos componentes productivos en tiempo y espacio, no solo presenta beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo; pues también se hace un uso razonable

de los recursos naturales permitiendo al bosque tener una mayor biodiversidad y conservar en gran parte sus condiciones naturales, es por ello que bien se presenta como una alternativa de manejo viable y sostenible para pequeños y medianos productores de la comunidad de Chichicaxtla.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras caracterizar el sitio a partir del estudio florístico se identificaron 37 especies y 19 familias taxonómicas lo que hace de un lugar con alto grado de biodiversidad, del cual se pueden obtener una cantidad importante de productos provenientes del bosque, pues de acuerdo a su potencial de uso hacen de este un sitio altamente productivo, lo que permitió generar las asociaciones más pertinentes con especies agrícolas de acuerdo al tipo de vegetación y a la composición del bosque.

El aprovechamiento forestal para los pequeños y medianos productores en un principio puede ser rentable, pues programando un manejo del arbolado y haciendo un uso adecuado de los recursos naturales se muestra que este genera una B/C  $2^{34}$ , además que se genera un uso racional de los recursos naturales, sin embargo esta actividad presenta turnos de corta (producción) bastante largos que van de los 40 a 50 años pues volver a intervenir una área forestal, implica esperar la regeneración del lugar hasta que llegue a su madurez.

La producción de cultivos agrícolas dentro de un bosque establecido puede llegar a presentar ciertas contrariedades con las cuales el productor deberá lidiar y sobreponerse, además se demuestra que no cualquier cultivo agrícola es capaz de desarrollarse de la mejor manera como la zanahoria y lechuga en el presente estudio, así como algunos otros resultan una alternativa viable de producción rábano, cilantro y chícharo, pues durante el intervalo de tiempo que el productor tiene que esperar para poder aprovechar su bosque nuevamente, se pueden generar ingresos y obtener mayores beneficios de las masas forestales durante su tiempo de espera y durante el periodo en que se presente el aprovechamiento forestal.

Con esta tecnología agroforestal se obtienen beneficio a corto, media y largo plazo, con la obtención de las cosechas de los cultivos establecidos, así como con el aprovechamiento forestal, los que efectuados por separado muestran resultados financieros favorables Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto y relación Beneficio-Costo, su implementación de forma simultánea demostró ser una opción económicamente viable, que podría ser adoptada por los productores de la región.

La implementación de tecnologías agroforestales, Agrobosque en este caso, es viable en cuanto a la asociación de especies pues además de conservar la vegetación se genera una mayor biodiversidad de especies cultivables, trayendo así mayores beneficios tanto económicos como ambientales, y que sin lugar a dudas puede representar una fuente considerable de ingresos para los productores de la zona, siendo de este modo una tecnología promisoría de manejo sostenible para clima templado en Chichicaxtla, Puebla.

Se recomienda continuar con aquellas investigaciones que se pueden generar a través de este trabajo, como el evaluar la disposición lumínica dentro del bosque para la producción de cultivos es de suma importancia para conocer el impacto de las limitantes de luz dentro del Agrobosque. Por otra parte estudiar el comportamiento de la regeneración forestal con la asociación con cultivos agrícolas es un punto de importancia, y hacer notar si se genera un beneficio o se perjudica el desarrollo del arbolado joven.

Por otra parte se sugiere continuar investigando el comportamiento de esta tecnología agroforestal en condiciones similares para poder conocer si es apta para su adopción generalizada en zonas de clima templado, y contribuir con el conocimiento agroforestal y su aplicación, pues la información existente es carente.

### VIII. LITERATURA CITADA

- 1.-Asesores en Manejo de Recursos Forestales (ASMARF). 2013. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento persistente de recursos forestales maderables para el tercer ciclo de corta. Ejido Chignahuapan, Municipio de Chignahuapan, Puebla. 122p.
- 2.-Baca. U, G. 2006. Evaluación de proyectos: Quinta edición. McGraw-Hill/Interamericana editores. México, D.F. 381p.
- 3.-Barrios. A, N. E.2004. Evaluación del cultivo de la lechuga, *Lactuca sativa L.* bajo condiciones hidropónicas en pachalí, san juan sacatepéquez, Guatemala. Tesis de grado (ingeniero agrónomo). Universidad de San Carlos de Guatemala. 55p.
- 4.-Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2012. Estrategia Nacional de Agrosilvicultura / Versión preliminar. Zapopan, Jalisco. 26 p.
- 5.-Cordero. B, I. M. 2010. Aplicación de biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de *Raphanus sativum L* para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura. Tesis de ingeniería (ambiental), Universidad politécnica saleciana. Cuenca, Ecuador. 78p.
- 6.-Detlefsen, G. y Somarriba, E. 2012. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. – 1 ed. Turrialba, C.R. 2012. Serie técnica Manual técnico no. 109. 244 p.
- 7.-Farrel, J.G. y Altieri, M.A. 1999. AGROECOLOGIA: Bases científicas para una agricultura sustentable. 338 p.
- 8.-Gallusser. J, S. 2006. Estudio comparativo sobre sistemas integrados de producción y sistemas agroforestales en el departamento de San Martín. 65 p.
- 9.-García, J.E. 2009. Consideraciones básicas sobre la agricultura sostenible. Acta académica. Pp. 115-135.
- 10.-Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R.: CATIE, 2002. xiii, 359 p.

- 11.-INAFED, 2014. Aquixtla, enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, estado de Puebla. Consultado el 03 de septiembre del 2014, en línea bajo la dirección:<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21016a.html>.
- 12.-Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2009. Prontuario de la información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos, Aquixtla, Puebla. 9p.
- 13.-Jiménez, F y Muschler, R. 1999. Conceptos básicos de agroforestaría. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza área de cuencas y sistemas agroforestales proyecto agroforestal CATIE-GTZ. Turrialba, Costa rica. 33 p.
- 14.-Jiménez, F.; Muschlesr, R. y Kopsell, E. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Colección módulos de enseñanza agroforestal. Modulo, No. 6. CATIE/ GTZ. Turrialba, Costa Rica. 187 p.
- 15.-King, K.F.S., 1979. Agroforestry and the utilisation of fragile ecosystems. *Forest Ecol. Manage.*, 2: 161—168.
- 16.-Krishnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. Agroforestaría básica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Serie textos básicos para la formación ambiental N°3México Distrito Federal. 337 p.
- 17.-May, T. 2013. Sistemas agroforestales de colonos como alternativa de uso ecológicamente sustentable en el oeste de Pará, Brasil. Adopción y propuestas para su desarrollo. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 67-78.
- 18.-Miranda, C.I. y Berjar. G, J.E.2008. Influencia de la fertilización sobre el rendimiento en la producción de chícharo (*Pisum sativum L.*) en Santa Barba municipio e Uruapan, Michoacán. Tesis de grado (ingeniero agrónomo). Especialidad e fruticultura y parasitología. Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 34p.
- 19.-Moreno, A. I. Toledo, V.M. y Casas, A. 2013. Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Sciences* 91 (4): 375-398, 2013.

- 20.-Nair, R. P.J. 1993. An introduction to Agroforestry. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Netherlands. 491p.
- 21.-Navia. E, J. F. 2000. Agroforestería. / Asesoría científica: Adolfo Hernández; Jesán Gómez; / Coordinación de la Producción de Documentos Originales: Vicente Zapata S., Ed. D. / Cali, Colombia. 182 p.
- 22.-Ochoa. F, L y De La Tejera. H, B. 2004. La zarzamora ante los retos productivos, del mercado y del desarrollo local. Primera edición 2004. Morelia, Michoacán, México. 175p.
- 23.-Olguín. Del R, K. 2008. Estudio florístico preliminar en la región forestal Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis de Ingeniería (Restauración forestal) UACH,-División de ciencias forestales. Chapingo, Texcoco. Edo. de México. 62 p.
- 24.-Ospina, A. 2001. Agroforestería en Latinoamérica: experiencias locales. 113 p.
- 25.-Pérez, J.J. y Huerta, H. 2002. Agroforestería y ética ambiental en la gerencia de sistemas de producción Revista Venezolana de Gerencia, vol. 7, núm. 17, enero-marzo, 2002, pp. 64-74, Universidad del Zulia Venezuela.
- 26.-Pimentel. B, L. 2007. Sistemas manuales de preparación del terreno con fines forestales. Chapingo, Mexico.43p.
- 27.-Programa De Naciones Unidas Para El Medio Ambiente (PNUMA), 2010. Uso Sustentable de la Biodiversidad.
- 28.-Reyes. L, E. 2013.Evaluación de tres especies de pino asociado con *Pisum sativum* L. en Tetela de Ocampo. Tesis de Ingeniería (Agroforestal) BUAP, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Unidad regional Tetela de Ocampo. 77 p.
- 29.-Rivas., D. s/f. Evaluación de los recursos forestales. Consultado el 08 de septiembre del 2014, en línea bajo la dirección:  
<http://www.virtual.chapingo.mx/dona/sis.prod.forestal/Evaluaci%F3n.pdf>

- 30.- Sarandon, S.J. y Flores, C.C. 2014. Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.- 1a ed. La Plata: Universidad Nacional de La Plata. 466 p.
- 31.-Secretaria De Agricultura, Ganadería. Desarrollo Rural Pesca Y Alimentación (SAGARPA). S.f. labranza de conservación. 8p.
- 32.-Somarriba, E. 2010. Agrobosques cacaoteros del Amazonas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 28 p.
- 33.-Vasco. B, V.C. 2008. Determinación de parámetros físico-químicos de zanahoria amarilla (*Daucus carota*) como base de establecimiento de la norma de requisitos. Tesis de grado (bioquímico farmacéutico) Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 83p.

**IX. ANEXOS**











**BUAP**

Oficio No. IAH/1384/2014

**C. Eric Granados Ortega**  
**Egresado de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE**

*Con base en el dictamen emitido por el M.C. Francisco Javier Hernández Archundia (Director de Tesis), M.C. Fabián Enriquez García (Asesor), M.C. Ignacio Vázquez Martínez (Asesor), M.C. Lucero Montserrat Cuautle García (Asesor) y Q.I. Ramón González Márquez (Asesor) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:*

**"Evaluación del Agrobosque como alternativa de manejo sostenible para clima templado en Chichicaxtla, Puebla"**

*Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agroforestal.*

*Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.*

Atentamente

"Pensar bien, para vivir mejor"

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., 26 de Noviembre de 2014

M. C. Fabián Enriquez García  
Director de Facultad de Ingeniería Agrohidráulica



C.c.p. - Archivo y Minutario  
MC FEG/mlsm